COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C^ie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGT-DEUXIEME.

JANVIER — JUIN 1926.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et C^ie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1926

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1926

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

Appell (Paul-Émile), G. C. ✻.
Painlevé (Paul), ✻.
Hadamard (Jacques-Salomon), O. ✻.
Goursat (Édouard-Jean-Baptiste), O. ✻.
Borel (Félix-Édouard-Justin-Émile), O. ✻.
Lebesgue (Henri-Léon), ✻.

Section II. — *Mécanique.*

Boussinesq (Joseph-Valentin), O. ✻.
Sebert (Hippolyte), C. ✻.
Vieille (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
Lecornu (Léon-François-Alfred), C. ✻.
Kœnigs (Gabriel-Xavier-Paul), O. ✻.
Mesnager (Augustin-Charles-Marie), O. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

Deslandres (Henri-Alexandre), O. ✻.
Bigourdan (Guillaume), O. ✻.
Baillaud (Édouard-Benjamin), C. ✻.
Hamy (Maurice-Théodore-Adolphe), O. ✻.
Puiseux (Pierre-Henri), O. ✻.
Andoyer (Marie-Henri), O. ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
Fournier (François-Ernest), G. C. ✻, ❀.
Bourgeois (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
Ferrié (Gustave), C. ✻.
Fichot (Lazare-Eugène), C. ✻.
N. . . . .

Section V. — *Physique générale.*

Villard (Paul), O. ✻.
Branly (Édouard-Eugène-Désiré), C. ✻.
Berthelot (Paul-Alfred-Daniel).
Brillouin (Louis-Marcel), O. ✻.
Perrin (Jean-Baptiste), O. ✻.
Cotton (Aimé-Auguste), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Le Chatelier (Henry-Louis), C. ✻.
Moureu (François-Charles-Léon), G. O. ✻.
Béhal (Auguste), C. ✻.
Urbain (Georges), O. ✻.
Bertrand (Gabriel-Emile), O. ✻.
N. . . . .

Section VII. — *Minéralogie.*

Barrois (Charles-Eugène), C. ✻.
Douvillé (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
Wallerant (Frédéric-Félix-Auguste), O. ✻.
Termier (Pierre-Marie), O. ✻.
Launay (Louis-Auguste-Alphonse de), O. ✻.
Haug (Gustave-Émile), O. ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon), C. ✻.
MANGIN (Louis-Alexandre), C. ✻.
COSTANTIN (Julien-Noël), O. ✻.
LECOMTE (Paul-Henri), O. ✻.
DANGEARD (Pierre-Augustin-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (Marin), O. ✻.

Section IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-Émile), G. C. ✻.
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile), O. ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-Emmanuel), G. O. ✻.
VIALA (Pierre), O. ✻.
LINDET (Gaston-Aimé-Léon), C. ✻.
ANDRÉ (Jean-Marie-Gustave), O. ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (Louis-Eugène), C. ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix), O. ✻.
MARCHAL (Paul-Alfred), O. ✻.
JOUBIN (Louis-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
MESNIL (Félix-Étienne-Pierre), O. ✻.
GRAVIER (Charles-Joseph), O. ✻.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-Arsène D'), G. O. ✻.
RICHET (Robert-Charles), C. ✻.
QUÉNU (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
WIDAL (Fernand-Georges-Isidore), G. O. ✻.
BAZY (Pierre-Jean-Baptiste), C. ✻.
VINCENT (Jean-Hyacinthe), G. O. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. ✻.
BLONDEL (André-Eugène), O. ✻.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. ✻, ✠.
JANET (Paul-André-Marie), O. ✻.
BRETON (Jules-Louis).
OCAGNE (Philbert-Maurice D'), O. ✻.
BROGLIE (le duc Louis-César-Victor-Maurice DE), O. ✻.
DESGREZ (Alexandre), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-Paul-Marie-Joseph), C. ✻.
N. . . . .

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), C. ✻, à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges), O. ✻, à Vals-les-Bains.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), O. ✻, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), ✻, à Toulouse.
N. . . . .

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), C. ✻, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), C. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-Maxime), C. ✻, à Paris.
CLAUDE (Georges), ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (Léon-Alexandre), O. ✻.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

LANKESTER (Sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), C. ✻, à Haarlem (Pays-Bas).
VOLTERRA (Vito), C. ✻, à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (Sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
BRÖGGER (Waldemar Christofer), C. ✻, à Oslo (Kristiania).
BORDET (Jules-Jean-Baptiste-Vincent), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (Emanuele), G. O. ✻, à Rome.
WINOGRADSKY (Serge), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
KAMERLINGH ONNES (Heike), à Leyde (Pays-Bas).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. ✻, à Djursholm (Suède).
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
BIANCHI (Luigi), à Pise.
LARMOR (Sir Joseph), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (Leonard Eugene), à Chicago.
RIQUIER (Charles-Edmond-Alfred), ✻, à Caen (Calvados).
FREDHOLM (Erik-Ivar), à Djursholms Ösby (Suède).
BAIRE (René-Louis), ✻, à Lausanne (Suisse).
N. . . . .

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

WITZ (Marie-Joseph-Aimé), ✻, à Lille.
LEVI-CIVITA (Tullio), à Rome.
SCHWOERER (Émile), ✻, à Colmar.
SPARRE (le comte Magnus-Louis-Marie DE), ✻, à Lyon.
WADDELL (John Alexander Low), à New-York City.
TORRES QUEVEDO (Leonardo), C. ✻, à Madrid.
GREENHILL (Sir George), à Londres.
ANDRADE (Jules-Frédéric-Charles), ✻, à Besançon.
CAMICHEL (Charles-Moïse), ✻, à Toulouse.
VILLAT (Henri-René-Pierre), ✻, à Strasbourg.

Section III. — *Astronomie* (10).

TURNER (Herbert Hall), à Oxford.
VERSCHAFFEL (Aloys), ✻, à Paris.
LEBEUF (Auguste-Victor), ✻, à Besançon.
DYSON (Sir Frank Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (François), ✻, à Alger.
CAMPBELL (William Wallace), à Mount Hamilton (Californie).
FABRY (Louis), ✻, à Marseille.
FOWLER (Alfred), à Londres.
BROWN (Ernest William), à New-Haven (Connectitut).
PICART (Théophile-Luc), ✻, à Bordeaux.

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (l'amiral baron Antonio Luiz DE), à Petropolis (Brésil).
NANSEN (Fridtjof), C. ✻, à Lysaker (Norvège).
HEDIN (Sven Anders), à Stockholm.
DAVIS (William Morris), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
AMUNDSEN (Roald), G. O. ✻, à Oslo (Kristiania).
TILHO (Jean-Auguste-Marie), O. ✻, à Paris.
LECOINTE (Georges), C. ✻, à Uccle (Belgique).
WATTS (Sir Philip), à Londres.
BERLOTY (Camille-Marie-Antoine-Bonaventure), à Ksara (Syrie).
N..

Section V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

Blondlot (Prosper-René), O. ☼, à Nancy.
Guillaume (Charles-Édouard), O. ☼, à Sèvres.
Arrhenius (Svante August), G. O. ☼, à Stockholm.
Mathias (Émile-Ovide-Joseph), ☼, à Clermont-Ferrand.
Weiss (Pierre-Ernest), O. ☼, à Strasbourg.
Rutherford (Sir Ernest), à Cambridge (Angleterre).
Zeeman (Pieter), à Amsterdam.
Bragg (Sir William Henry), à Londres.
Millikan (Robert Andrews), à Pasadena, Californie.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10 + 1).

Forcrand de Coiselet (Hippolyte-Robert de), O. ☼, à Montpellier.
Guntz (Antoine-Nicolas), O. ☼, à Nancy.
Graebe (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
Grignard (François-Auguste-Victor), O. ☼, à Lyon.
Walden (Paul), à Rostock (Allemagne).
Perkin (William Henry), à Oxford (Angleterre).
Pictet (Amé), ☼, à Genève.
Recoura (Albert), O. ☼, à Grenoble.
Senderens (Jean-Baptiste), ☼, à Toulouse.
Hadfield (Sir Robert Abbott), à Londres.
Pope (Sir William Jackson), à Cambridge (Angleterre).

Section VII. — *Minéralogie* (10).

Tschermak (Gustav), à Vienne (Autriche).
Heim (Albert), à Zurich.
Grossouvre (Marie-Félix-Albert Durand de), O. ☼, à Bourges.

Messieurs :

BECKE (Friedrich Johann Karl), à Vienne (Autriche).
FRIEDEL (Georges), O. ❋, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
BIGOT (Alexandre-Pierre-Désiré), ❋, à Caen.
LUGEON (Maurice), O. ❋, à Lausanne.
MARGERIE (Emmanuel-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ❋, à Strasbourg.
GLANGEAUD (Philippe), O. ❋, à Clermont-Ferrand.
CORNET (Jules), à Mons (Belgique).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

ENGLER (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
DE VRIES (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-Paul), ❋, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (Camille-François), ❋, à Bordeaux.
CHODAT (Robert-Hippolyte), ❋, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-Mathieu), ❋, à Vénéjan (Gard).
JUMELLE (Henri-Lucien), ❋, à Marseille.
MAIRE (René-Charles-Joseph-Ernest), ❋, à Alger.
THAXTER (Roland), à Cambridge (Massachusetts).
SCOTT (Dukinfield Henry), à Oakley, Hants (Angleterre).

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

GAYON (Léonard-Ulysse), C. ❋, à Bordeaux.
GODLEWSKI (Emil), à Pulawy (Pologne).
PERRONCITO (Edoardo), C. ❋, à Turin.
WAGNER (Paul), à Darmstadt.
IMBEAUX (Charles-Édouard-Augustin), O. ❋, à Nancy.
BALLAND (Joseph-Antoine-Félix), O. ❋, à Saint-Julien (Ain).
NEUMANN (Louis-Georges), O. ❋, à Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
TRABUT (Louis), O. ❋, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.
RUSSELL (Sir Edward John), à Harpenden (Angleterre).

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :
RAMON CAJAL (Santiago), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
CUÉNOT (Lucien-Claude), ✻, à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), ✻, à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), ✻, à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
VIGUIER (Antoine-François-Camille), ✻, à Lison (Calvados).
WILSON (Edmund Beecher), à New-York.
SCHMIDT (Ernst Johannes), O. ✻, à Copenhague-Valby (Danemark).
KŒHLER (René-Jean-Baptiste-François), O. ✻, à Lyon.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), G. O. ✻, à Paris.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
BRUCE (Sir David), à Londres.
WRIGHT (Sir Almroth Edward), à Londres.
NICOLLE (Charles-Jules-Henri), O. ✻, à Tunis.
SHERRINGTON (Sir Charles Scott), à Oxford.
LAGRANGE (Pierre-Félix), O. ✻, à Bordeaux.
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER, PUIS DE M. CHARLES LALLEMAND.

M. **Louis Bouvier**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1925.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1^er^ janvier 1926.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 179 (2^e^ semestre de l'année 1924) et 180 (1^er^ semestre 1925) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros du 2^e^ semestre de l'année 1925 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Le volume des tables générales de 1896 à 1910 est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Aucun volume n'a été publié en 1925.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en préparation.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1926 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris. — Les fascicules III et IV sont parus et ont été mis en distribution.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1925.

Section de géographie et navigation. — M. **Louis Gentil**, le 12 juin, à Paris.

Section de chimie. — M. **Albin Haller**, le 29 avril, à Paris.

Section d'économie rurale. — M. **Léon Maquenne**, le 19 janvier, à Paris.

Académiciens libres. — M. **Eugène Tisserand**, le 31 octobre, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Wilfrid Kilian**, le 30 septembre, à Grenoble.

Division des applications de la science à l'Industrie. — M. **Charles Rabut**, le 31 mars, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1925.

Section de géographie et navigation. — M. **Eugène Fichot**, le 2 février, en remplacement de M. Émile Bertin, décédé.

Section d'économie rurale. — M. **Gustave André**, le 25 mai, en remplacement de M. Léon Maquenne, décédé.

Division des applications de la science à l'Industrie. — M. **Léon Guillet**, le 22 juin, en remplacement de M. Charles Rabut, décédé.

Associés étrangers. — M. **Kamerlingh Onnes**, le 27 décembre, en remplacement de Sir Archibald Geikie, décédé.

Membres à remplacer.

Section de géographie et navigation. — M. **Louis Gentil**, mort à Paris, le 12 juin 1925.

Section de chimie. — M. **Albin Haller**, mort à Paris, le 29 avril 1925.

Académiciens libres. — M. **Eugène Tisserand**, mort à Paris, le 31 octobre 1925.

Membres non résidants. — M. **Wilfrid Kilian**, mort à Grenoble, le 30 septembre 1925.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1925.

Pour la Section de géographie et navigation. — M. **Hildebrand Hildebrandsson**, le 29 juillet, à Upsala.

Pour la Section de botanique. — M. **Jean Massart**, le 16 août, à Houx-Yvoir, Belgique.

Pour la Section de médecine et chirurgie. — M. **Jean Bergonié**, le 2 janvier, à Bordeaux; M. **Antoine Depage**, le 10 juin, à La Haye.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1925.

Pour la Section d'astronomie. — M. **Luc Picart**, à Bordeaux, le 9 mars, en remplacement de M. Édouard Stephan, décédé.

Pour la Section de physique générale. — M. **Robert Andrews Millikan**, à Pasadena, Californie, le 7 décembre, en remplacement de Sir James Dewar, décédé.

Pour la Section de botanique. — M. **Roland Thaxter**, à Cambridge, Massachusetts, le 2 mars, en remplacement de M. G. B. De Toni, décédé; M. **Henry Scott**, à Londres, le 23 mars, en remplacement de Sir William Christie, décédé.

Pour la Section d'économie rurale. — Sir **John Russell**, à Rothamsted, Angleterre, le 9 mars, en remplacement de M. Serge Winogradsky, élu Associé étranger.

Pour la Section d'anatomie et zoologie. — M. **René Kœhler**, à Lyon, le 16 mars, en remplacement de M. J.-B. Gaillot, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de géométrie. — M. **Claude Guichard**, mort à Paris, le 6 mai 1924.

Pour la Section de géographie et navigation. — M. **Hildebrand Hildebrandsson**, mort à Upsala, le 29 juillet 1925.

Pour la Section de physique générale. — M. **H. Kamerlingh Onnes** élu Associé étranger, le 7 décembre 1925.

Pour la Section de médecine et chirurgie. — M. **Jean Bergonié**, mort à Bordeaux, le 2 janvier 1925; M. **Antoine Depage**, mort à La Haye, Pays-Bas, le 10 juin 1925.

Pour les sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Les correspondants suivants pour la Section d'astronomie : M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922 ; M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, mort à Leiden, Pays-Bas, le 8 janvier 1923.

B. — Le correspondant suivant pour la Section d'anatomie et zoologie : M. **Eugène Simon**, mort à Paris, le 17 novembre 1924.

C. — Le correspondant suivant pour la Section de botanique : M. **Jean Massart**, mort à Houx-Yvoir, Belgique, le 16 août 1925.

M. **Louis Bouvier**, président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Me voici au terme de la mission annuelle que vous avez bien voulu me confier; votre bienveillance et votre bon vouloir me l'ont rendue aussi agréable que facile et je vous en témoigne ma reconnaissance.

Je suis heureux de saluer les Confrères éminents que vous avez choisis pour prendre place au Bureau; M. Lallemand aura une autorité qu'il tient de sa belle carrière scientifique et des fonctions présidentielles qui lui furent dévolues dans de nombreux Congrès; il trouvera en M. Barrois un coadjuteur digne de lui, pour le renom comme pour les talents.

Avant de quitter ce fauteuil, laissez-moi remercier nos Secrétaires perpétuels, dont le concours me fut aussi nécessaire que précieux, M. Lallemand, qui voulut bien quelquefois diriger nos séances à ma place, laissez-

moi vous remercier tous, une fois encore, pour le grand honneur que vous m'avez fait.

Je retourne à mon modeste rang, où je m'efforcerai de suivre les conseils de silence relatif que je vous ai si copieusement donnés.

En prenant possession du fauteuil de la présidence M. **Charles Lallemand** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

En prenant place à ce fauteuil où, malgré ce qu'en a dit mon trop bienveillant prédécesseur, l'ancienneté, plus que mes faibles mérites, m'ont appelé, j'ai, comme premier devoir, de vous dire toute ma gratitude pour le grand honneur que vous m'avez fait. La meilleure façon, pour moi, de vous remercier, sera, j'imagine, de remplir en conscience mes nouvelles fonctions, je veux dire de me faire, dans les moments heureux et — le cas échéant mais très rarement j'espère — dans les heures tristes de l'existence de l'Académie, le fidèle interprète de ses sentiments.

Pour bien remplir cette tâche je n'aurai qu'à prendre modèle sur mon distingué prédécesseur. M. Bouvier possédait, en effet, toutes les qualités du parfait président : exactitude ponctuelle, énergie tempérée de bonne grâce; parole élégante, concise et claire, mise au service d'une grande élévation de pensée. Mais je ne puis guère, pour ma part — et je m'en excuse par avance — que vous promettre ma bonne volonté, aidée, il est vrai, du précieux concours de mon éminent assesseur, M. Barrois.

Chaque année, justement soucieux de la dignité de l'Académie, la plupart de nos présidents, en inaugurant leur charge, réclamaient pour nos séances un silence... au moins relatif. Grâce à leur autorité, de grands progrès à cet égard ont, certes, été réalisés. Sont-ils pourtant aussi complets qu'on l'eût souhaité ? Il serait peut-être exagéré de l'affirmer. En tout cas, je n'ai pas la fatuité de penser que mes modestes objurgations seraient capables d'obtenir davantage.

Mais si le mal est incurable et si, comme de vrais savants, nous devons nous incliner devant les faits sans chercher à les plier à des idées préconçues, il nous est permis de nous demander si, tout compte fait, les inconvénients dont on se plaint ne comporteraient pas, en retour, quelques avantages.

La parole, en somme est une forme du mouvement, qui, lui-même, est la

manifestation de la vie, tandis que le silence évoque fâcheusement l'idée, sinon de la mort, tout au moins du sommeil.

Or, de toutes les Académies du monde, la nôtre, de l'avis unanime, passe pour la plus vivante. N'y a-t-il pas là de quoi nous consoler un peu?

En ceci, comme en beaucoup de choses, la vérité doit se trouver dans un juste milieu.

In medio stat virtus, dit le proverbe latin.

A l'exemple de M. Bouvier, je me bornerai donc, si vous le voulez bien, à réclamer de tous, dans l'inévitable bourdonnement des colloques particuliers, une modération qui permette aux orateurs de se faire entendre, du moins jusqu'au jour — prochain j'espère — où les voix affaiblies trouveront ici, pour les renforcer, le secours d'un de ces haut-parleurs dont l'Académie naguère eut la primeur et dont l'usage commence à se répandre dans les assemblées nombreuses.

L'année qui vient de se clore a été, pour l'Académie et pour la science, marquée par de graves inquiétudes.

La crise monétaire qui angoisse actuellement notre pays a singulièrement restreint l'activité des laboratoires de recherches et menace même l'existence de quelques établissements scientifiques. En particulier, elle nous a contraints à une réduction qui, en cas d'aggravation, pourrait aller même, un jour, jusqu'à la suppression des *Comptes rendus* qui sont l'une des principales raisons d'être de notre Compagnie.

Heureusement à cet égard, un rayon d'espoir vient illuminer l'aurore de la nouvelle année.

Il y a près de deux ans — rappelant une vérité énoncée par Copernic en 1525, dans son Traité sur la Monnaie — j'appelais l'attention sur les funestes conséquences à redouter de la dépréciation du franc et sur la hausse générale des prix qui en serait l'inéluctable conséquence. J'indiquais, en outre, l'unique remède, savoir : la destruction lente, progressive, mais impitoyable, de la fausse monnaie, cause de tout le mal. Resté jusqu'alors méconnu, sans doute à cause de sa trop grande simplicité, ce remède vient enfin de trouver, dans les hautes sphères gouvernementales, un apôtre énergique et convaincu. Si l'opinion publique, enfin éclairée, veut bien apporter à son action l'appui nécessaire, il est permis d'envisager, pour un avenir prochain, un sérieux redressement de la situation.

Permettez-moi de clore, sur cet espoir et sur ce vœu, ma trop longue allocution et de vous convier maintenant à reprendre l'ordre du jour de nos travaux.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie une *Notice sur le comte* de **Chardonnet**, Membre de l'Institut, par la vicomtesse de Pardieu, née A. de Chardonnet.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur Hildebrand Hildebrandsson*, par M. **H. Deslandres**.

Hildebrand Hildebrandsson, correspondant de l'Académie dans la section de Géographie et de Navigation, s'est éteint le 29 juillet 1925, à l'âge de 87 ans. Il est un des fondateurs de la science météorologique, et son activité dans ce domaine s'est maintenue jusqu'à son dernier jour.

La météorologie est une science toute nouvelle et, peut-on dire, encore dans l'enfance; Hildebrandsson a été pour elle assurément un grand précurseur. Ses publications sur la matière sont extrêmement nombreuses, d'autant qu'il a dirigé pendant 32 ans l'observatoire météorologique d'Upsala. Mais son œuvre principale peut être résumée facilement; il a donné sa vie entière à la question capitale qui est la circulation générale de l'atmosphère. Comme il l'a noté expressément lui-même, il a étudié le problème par l'observation seule, en écartant toute théorie et toute idée préconçue, et dans un Mémoire récent de 1918, il a pu annoncer que la question posée était sûrement résolue, au moins dans ses grandes lignes.

On a cru pendant longtemps, d'après la théorie de Halley, à un seul grand courant de circulation méridienne allant de l'équateur aux pôles et des pôles à l'équateur. Hildebrandsson, en s'appuyant sur des faits très divers, mais tous concordants, a prouvé l'existence dans le sens du méridien de deux courants fermés, plus ou moins déviés par la rotation de la Terre, compris l'un entre l'équateur et les tropiques, et l'autre entre les tropiques et les pôles.

Lorsqu'il a commencé ses recherches, on connaissait bien la direction générale des vents à la surface de la Terre, mais non dans les hautes régions de l'atmosphère. Pour reconnaître les mouvements généraux de l'air aux grandes altitudes, il a été conduit à entreprendre l'étude systématique des

divers nuages, de leurs hauteurs moyennes, de leurs vitesses réelles; il a organisé une entente internationale dans l'année dite des nuages (1896-1897) dont les résultats ont fourni une première esquisse de la circulation générale et de la circulation cyclonique.

Plus tard, lorsque notre regretté confrère Teisserenc de Bort a exploré la très haute atmosphère avec des ballons-sonde, il s'est associé à lui; et ils ont organisé ensemble des expéditions de sondages aériens en Danemark (1902) et en Laponie suédoise (1907). La collaboration de ces deux hommes supérieurs a été très fructueuse, et ils ont publié ensemble un important volume : *Les Bases de la météorologie dynamique*, qui, déjà ancien, est toujours une autorité.

Hildebrandsson était un ami fidèle de la France, il parlait couramment notre langue et était le représentant de l'alliance française en Suède. Notre pays a été très honoré par l'affection que ce grand homme de science voulait bien lui porter, et il s'associe pleinement au deuil de l'Académie de Suède.

POLARIMÉTRIE. — *Sur un spectro-polarimètre photographique pour l'ultraviolet.* Note (¹) de MM. **A. Cotton** et **R. Descamps.**

Les mesures de pouvoirs rotatoires (naturels ou magnétiques) sont particulièrement intéressantes pour les radiations ultraviolettes : les valeurs numériques des rotations sont bien plus élevées que dans le spectre visible et les courbes de dispersion rotatoire présentent souvent, dans ces régions, des différences caractéristiques. C'est pour rendre ces mesures plus rapides que par les procédés déjà employés que nous avons construit l'appareil qui fait l'objet de cette Note.

Une mesure de pouvoir rotatoire nécessite que l'on fasse varier systématiquement l'angle que font entre elles les deux parties principales, polariseur et analyseur, que l'on trouve dans tout polarimètre. S'il s'agit de radiations ultraviolettes, il faut opérer par photographie et enregistrer l'intensité relative des plages lumineuses qui correspondent aux valeurs successives de cet angle (²). Il faut donc que la surface sensible et l'image des plages soient animées d'un mouvement relatif.

(¹) Séance du 28 décembre 1925.

(²) Lowry (*Proc. Roy. Soc.* A, 18, 1908, p. 473) puis Darmois (*Ann. de Chim. et de Phys*, 8ᵉ série, 22, 1911, p. 247) ont employé un polarimètre à plages contiguës

Le principe sur lequel repose l'instrument que nous avons réalisé consiste d'abord *à faire en sorte que le mouvement de rotation de l'analyseur produise un déplacement de l'image à enregistrer sur la surface sensible* : on évite ainsi un appareil spécial pour produire ce dernier déplacement.

En outre, au lieu d'enregistrer seulement un nombre déterminé d'images correspondant à un certain nombre fini de valeurs fixes pour l'angle θ, on enregistre sur la plaque la variation continue de l'intensité qui accompagne la variation continue de l'angle θ.

Enfin on peut supprimer le limbe divisé du polariseur et de l'analyseur en faisant décrire à l'image un cercle de grand rayon de manière que de petites rotations déplacent celle-ci de quantités facilement mesurables (1^{cm} par degré de rotation par exemple).

On comprendra qu'on puisse réaliser ces conditions si l'on considère d'abord (*fig*. 1) un polarimètre formé d'un polariseur P et d'un analyseur A (entre lesquels on pourra mettre une cuve *e*) et éclairé par une source monochromatique S au moyen d'une lentille convergente *l*. Au delà de l'analyseur en *f* se trouve un diaphragme percé d'un trou puis un miroir *m* à 45° et enfin un objectif *o*. Il se formera en un point *i* une image de ce trou dont l'intensité dépendra des orientations relatives du polariseur et de l'analyseur. Supposons que l'analyseur, le diaphragme percé *f*, le miroir et l'objectif soient solidaires et que leur ensemble soit animé d'un mouvement de rotation lent et uniforme autour de l'axe xx'. Si l'on a une surface sensible enroulée sur un cylindre de révolution d'axe xx', on enregistrera suivant un parallèle de ce cylindre les variations progressives de l'intensité lumineuse et on en fixera l'extinction. En plaçant une colonne de substance active en *e* l'extinction ne se produira plus à la même place sur la couche sensible : la mesure de ce déplacement de l'extinction permettra de trouver le pouvoir rotatoire.

Pour former un spectro-polarimètre à enregistrement continu il suffirait alors de remplacer le miroir *m* par les éléments optiques d'un spectrographe pour l'ultraviolet, éléments choisis de telle sorte que les rayons moyens du spectre subissent une déviation d'un angle droit ([1]). Si la

---

associé à un spectrographe pour l'ultraviolet, l'image des plages du polarimètre se formant sur la fente du spectrographe. On fait sur une même plaque une série de photographies de spectres, chacune des poses correspondant à une valeur donnée de l'angle θ.

([1]) Si la déviation avait une valeur quelconque, il faudrait enrouler la pellicule sensible sur une surface conique et le calcul des résultats serait moins simple. Si elle

source, comme c'est le cas de l'arc au mercure, émet une série de radiations simples espacées dans le spectre, on aura sur le récepteur photographique un ensemble d'images i, i', i'' qui imprimeront en même temps leur trace sur la surface sensible, lorsque le spectrographe tournera lui-même avec l'analyseur A autour de xx'.

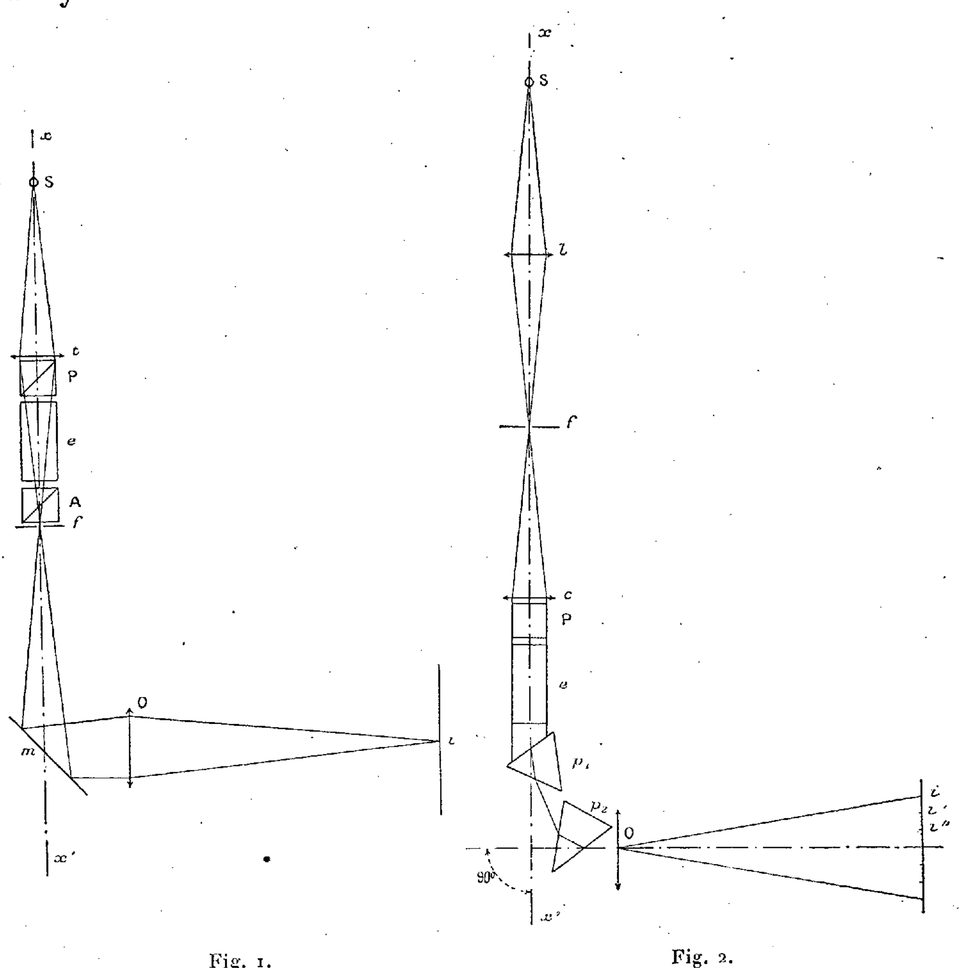


Fig. 1. Fig. 2.

On peut donner plusieurs formes à l'appareil fonctionnant sur ce principe. Celle que nous avons réalisée, représentée schématiquement sur la figure 2 et que l'un de nous (Descamps) décrira prochainement en détail,

---

atteignait 180°, la surface sensible sur la quelle se forment les images pourrait être plane. Le plus simple serait alors de faire tourner la plaque (avec le polariseur et la fente) en laissant le spectrographe fixe.

présente l'avantage qu'on réduit au minimum (¹) le nombre des pièces optiques nécessaires, pièces qui doivent être transparentes pour l'ultraviolet.

Le collimateur formé par *f* et la lentille *c* est placé en avant du polarisateur P et de la cuve *e* qui reçoivent ainsi un faisceau de lumière parallèle. L'analyseur est supprimé, il est remplacé par le premier prisme P_1 du spectrographe qui est un prisme de spath dont l'arête est parallèle à l'axe cristallographique et dont on utilise le spectre ordinaire. Le second prisme P_2 est un prisme de quartz dont l'arête est également parallèle à l'axe, son angle est tel que lorsque les deux prismes sont au minimum de déviation la déviation totale est d'un angle droit pour les rayons moyens du spectre ultraviolet ($\lambda = 3025$).

Un support métallique porte les prismes P_1 P_2 et l'objectif *o*, il est muni de pivots tubulaires engagés dans des roulements à billes qui permettent de faire tourner ces trois pièces optiques autour de l'axe xx'. En réalité on ne fait faire à l'équipage tournant qu'une fraction de tour, l'image allant et revenant sur la plaque sensible qui est celle d'un large film cinématographique placé dans un châssis cylindrique. D'autre part, le collimateur C n'est pas muni en T d'une petite ouverture, mais d'une fente qui a sa largeur et sa hauteur réglables. Les choses sont disposées de façon que cette fente tourne en même temps que les prismes, tandis que le polariseur et la cuve restent immobiles. La largeur est choisie de façon que les diverses traînées lumineuses correspondant aux diverses raies donnent des images de largeur convenable et soient aussi distinctes les unes des autres que possible. La hauteur de la fente (comptée parallèlement aux arêtes des prismes) doit être prise aussi courte que possible, parce que l'angle sous lequel, de l'objectif C, on voit cette fente détermine l'écart extrême entre les vibrations qui viennent impressionner successivement chaque point du film. Mais l'expérience montre qu'on peut donner à cette fente une hauteur appréciable sans que sur le film les extinctions cessent d'être nettes.

Pour faire une étude de dispersion rotatoire on impressionne successivement deux films. Pour faire le premier on ne met pas de liquide actif dans la cuve, on enregistre la position des extinctions et aussi des traits de repère qui indiquent les positions qu'occupent les images pour deux positions successives données à l'équipage mobile et correspondant à un écart angulaire connu. On fait le second film en mettant un liquide actif dans l'appareil et marquant de même des traits de repère sur le cliché.

Le simple examen de ces clichés suffit à donner une idée de la dispersion rotatoire, les positions des extinctions étant d'autant plus écartées de leur position primitive sur une même ligne parallèle à la ligne des repères que

---

(¹) Si la fente *f* peut être placée tout près de S, il serait encore possible de supprimer le condenseur *l* de quartz qui projette l'image de la source sur la fente *f* de l'appareil.

les rotations sont plus grandes. Les mesures faites sur le cliché donnent ensuite les valeurs numériques du pouvoir rotatoire pour les diverses raies. Les positions précises des extinctions sont déduites de l'étude de la densité photographique le long de chaque image. Cette étude peut se faire à l'aide d'un photomètre, mais la méthode de choix consiste à employer le microphotomètre de MM. Challonge et Lambert [1].

La méthode suppose que le film a été développé bien uniformément et ne présente pas de variations notables de sensibilité au voisinage des extinctions et de part et d'autre. On pourrait la perfectionner pour s'affranchir de cette hypothèse, mais il suffit dans la pratique de s'assurer que les positions d'extinction restent bien les mêmes quand on recommence les photographies.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des racines des plantes alpines et de leurs mycorhizes.* Note de MM. **Julien Costantin** et **Joseph Magrou.**

Nous nous sommes proposé de rechercher les mycorhizes des plantes alpines. On conçoit qu'il s'agit d'un travail de longue haleine, car théoriquement il doit s'étendre au plus grand nombre possible d'espèces de la flore montagnarde et poussant dans les conditions les plus variées. Nous ne publions ici qu'une Note préliminaire se rapportant à des matériaux recueillis en 1922, 1923 et 1924, à Pralognan en Savoie, et à La Thuile, dans la vallée d'Aoste (Italie) [2].

Constance des mycorhizes. — Un premier fait qui met en lumière la grande importance du phénomène d'association que nous voulons étudier, c'est sa constance. Nous entendons par là que le mode d'union du Champignon avec la plante Phanérogame se fait toujours de la même manière, de façon à présenter des caractères très typiques. En l'absence de la culture de l'organisme fungique, les caractères morphologiques précédents permettent de conclure avec une quasi-certitude que ce sont toujours les deux mêmes êtres qui se sont ainsi rapprochés.

Un exemple fera comprendre la portée de cette remarque. Le *Dryas octopetala*, Rosacée alpine bien connue, s'est révélée comme ayant des mycorhizes ectotrophes tout à fait spéciales. Les échantillons de cette plante, que nous avons pu étudier partout dans la Vanoise, se sont montrés semblables à ceux qui ont été étudiés en 1900

---

(1) Challonge et Lambert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

(2) Nous avons pu nous procurer, en 1925, des matériaux non encore étudiés des jardins alpins (Lautaret, Petit Saint-Bernard, Chanousia).

par M. Hesselman (¹), et en 1923 par M. Schroeter (²). On trouve donc la même association dans toutes les régions arctiques (³) aussi bien qu'en Suisse, en Savoie, dans les montagnes du centre de l'Europe, ainsi qu'en Italie, et même dans l'Asie montagnarde (⁴).

Cet exemple montre nettement le grand intérêt que peut présenter la comparaison des types alpins et arctiques, car le climat polaire a une action plus puissante encore que le climat alpin.

Les remarques qui viennent d'être faites pour le *Dryas* s'appliquent au *Polygonum viviparum* et aux *Salix*. Dans ce dernier cas, les deux espèces que nous avons pu étudier partout en Savoie (*S. retusa* et *S. reticulata*) ont montré une structure identique à celle de toutes les espèces arctiques (*S. artica*, *boganidensis*, *herbecea*, *polaris*, etc.). La symbiose s'étend donc, dans ce dernier cas, non pas à une espèce dans toutes ses stations, mais à de *nombreuses espèces d'un genre* disséminées non seulement dans toute l'immense étendue du domaine arctique mais aussi dans les régions alpines.

On peut faire des constatations analogues pour des *genres différents d'une même famille* dans le cas des Ericacées (⁵).

L'aperçu précédent conduit à la conclusion que les mycorhizes jouent un très grand rôle dans la flore alpine comme dans la flore arctique.

Mycorhizes endotrophes. — Les types qui viennent d'êtres cités sont surtout ectotrophes. Les mycorhizes endotrophes ont été jusqu'ici peu étudiées dans le domaine alpin, cependant elles paraissent très répandues dans les Alpes, en dehors des Orchidées à pelotons; les racines pourvues d'arbuscules, de sporangioles, de vésicules, de gros troncs myceliens sont nombreuses (*Veratrum album*, *Cirsium spinosissimum*, *Eryngium alpinum*, etc.).

La sévérité de l'hiver ayant contraint les plantes alpines à chercher un abri dans les profondeurs du sol contre le froid, leurs organes souterrains ont dû fatalement rencontrer dans ce milieu obscur le mycelium de divers Champignons : il s'est ainsi formé des associations durables.

(¹) Hesselman, *Om mykorrhiza Bildningar hos arkstika Växter* (*Bihang tel K. Svenska Akadem. Handlingar*. Bd. 26, Afd. III, 2, 1900, p. 3 à 46, 3 pl. avec résumé allemand).

(²) Schroeter, *Das Pflanzenleben der Alpen*, 1923 (1ʳᵉ Livraison, p. 263-265).

(³) *Spitzberg*, *Nouvelle Zemble*, *Sibérie arctique*, *Laponie*, *Norvège*, *Suède* (d'après Hesselman).

(⁴) *Tyrol*, *Monts de Transylvanie*, *Apennins*, *Altaï* (d'après Hesselman).

(⁵) *Loiseleuria*, *Andromeda*, *Ledum*, *Oxycoccos*, *Phyllodoce*, *Rhododendron*, *Vaccinium* (d'après Hesselman). Ceci s'applique à des familles analogues (Empetrées, Diapensiacés) (Islande, Groenland, Ile des Ours, Nouvelle-Zemble, Sibérie arctique, etc.) (Hesselman).

Voici une liste provisoire de types à mycorhizes rencontrés par nous. On constatera qu'ils appartiennent aux groupes les plus divers du règne végétal.

CRYPTOGAMES VASCULAIRES : *Lycopodium inundatum, Botrychium Lunaria.* MONOCOTYLÉDONES : *Veratrum album, Maiathemum bifolium, Crocus vernus,* Orchidées, etc.. DICOTYLÉDONES. APETALES : *Salix retusa, reticulata, Polygonum viviparum,* etc. DIALYPÉTALES : *Anemone narcissiflora, Aconitium Lycoctonum, Hepatica triloba, Ranunculus aconitifolius, pyrenæus, montanus, Trollius europaeus, Lotus corniculatus, Trifolium alpinum, Vicia silvatica, Dryas octopetala, Epilobium rosmarinifolium, Saxifraga azoides, oppositifolia, Astrantia major, Bupleurum ranunculoides, Eryngium alpinum, Heracleum Spondylium, Gaya simplex, etc.* GAMOPÉTALES : *Bellidiastrum Michelii, Cirsium spinossissimum, Erigeron alpinum, montanum, Saussurea alpina, Solidago virgaaurea, Taraxacum Dens-Leonis, Pirola secunda, Loiseleuria procumbeus, Primula fariosa, viscosa, Soldanella alpina, Gentiana cihata, bararica, Digitalis grandiflora, Teucrium montamum, Plantago alpina,* etc.

La généralité de ces associations exigera des années d'observation.

Vie annuelle. — La vie annuelle qui manque complètement dans les régions arctiques est rare en montagne. Autour des villages alpestres, nous avons rencontré quelques espèces éphémères où l'association avec les Champignons ne se produisait pas (*Capsella Bursa pastoris, Sinapis alba,* etc.).

Dans le *Gentiana campestris* annuel, il y a souvent invasion fungique mais réaction phagocytaire brutale et l'on trouve des filaments surcolorables, dégénérés.

Dans un certain nombre de types alpins, nous n'avons pas jusqu'ici trouvé de Champignon dans les racines. Il peut y avoir diverses raisons pour cela : l'écorce peut être exfoliée par un liège précoce et l'hôte peut être éliminé ainsi; certaines racines sont indemnes même chez les plantes où il y a symbiose; si l'on a affaire à des racines charnues, en général il n'y a pas de Champignon. D'ailleurs l'obtention des plus fines racines est une opération souvent difficile qui peut échouer à cause de la profondeur extraordinaire où la plante s'enfonce dans le sol.

Répartition géographique. — La répartition des plantes symbiotiques est liée à celle des Champignons souterrains.

Pour qu'un *Lycopodium inundatum* (Vallée de Chavière 1750^m et 1850^m), un *Botrychium Lunaria* (Bochor, 2000^m) se développe il faut que les spores germent, ce qui n'a lieu que par la rencontre du Champignon associé. L'abondance du mycelium nécessaire dans le sol montagnard explique la prépondérance des espèces précédentes aux hautes altitudes. Si de tels genres *essentiellement montagnards* se rencontrent sporadiquement dans la

plaine, les stations restent éphémères : le mycelium transporté accidentellement en même temps que la spore ne se propage pas. Ce cas très net doit avoir beaucoup d'analogues.

HYDRAULIQUE. — *Sur la détermination des vitesses dans les liquides et le paradoxe de Du Buat.* Note (¹) de MM. **C. Camichel**, **L. Escande**, **M. Ricaud**.

Cette Note a pour objet divers perfectionnements concernant les méthodes de détermination des vitesses dans les fluides.

1° *Tube de Pitot.* — Nous formons un circuit (*fig.* 1), comprenant l'orifice A normal aux filets, une pompe P entraînée par un moteur M, muni d'un tachymètre T, un tube de faible diamètre D, enfin l'orifice B parallèle aux filets. L'eau se déplace dans le circuit sous l'action de la différence de pression $H_A - H_B$; en observant soit un flotteur, soit des poussières en suspension dans le tube D, on règle la vitesse de la pompe P, produisant une pression opposée à $H_A - H_B$, de façon à réduire à zéro la vitesse de l'eau dans le circuit. La vitesse du fluide est indiquée par le tachymètre T.

La pompe est constituée (*fig.* 2), par une cloche E tournant dans un carter; les orifices *a* et *b* jouent le même rôle que ceux d'un tube de Pitot placé dans le courant d'eau provoqué par la rotation de la cloche E; ces orifices sont, conformément aux résultats indiqués dans une Note antérieure (²), placés à la proue et à la poupe du corps immergé.

L'appareil placé dans un champ de vecteurs de vitesse uniforme W, est taré en mesurant cette vitesse par la méthode photographique. La courbe de tarage (³) (*fig.* 3) montre :

a. Que l'appareil permet de mesurer des vitesses de l'ordre de 5^{cm} par seconde correspondant à une dénivellation de l'ordre $\frac{2}{100}$ à $\frac{3}{100}$ de millimètre, par conséquent bien difficile à déterminer directement.

b. Que la graduation de l'appareil est linéaire.

2° *Moulinet.* — Nous avons étudié la méthode de tarage qui consiste à déplacer le moulinet d'un mouvement uniforme dans un canal rectiligne dans lequel l'eau est immobile.

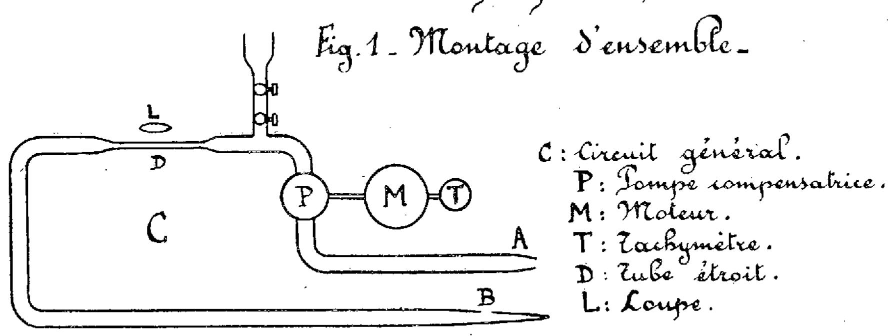
Nous avons employé pour cela un moulinet ayant 2^{cm} de diamètre extérieur; nous l'avons taré par le déplacement dans une nappe d'eau immobile (*fig.* 4, points +); la

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

(²) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1061.

(³) On trouve ainsi que le tube de Pitot, modèle de M. Rateau, satisfait à la relation : $W = \sqrt{2g(H_A - H_B)}$; cet appareil a donc un coefficient égal à l'unité.

Tube de Pitot avec pompe compensatrice.



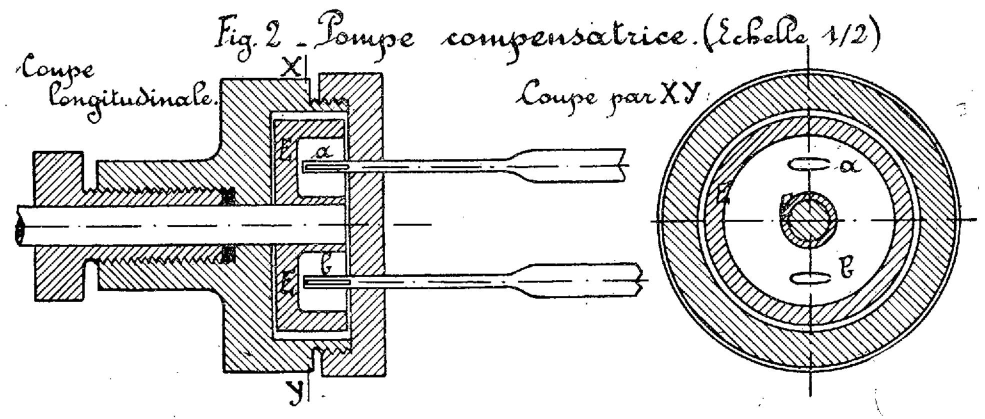
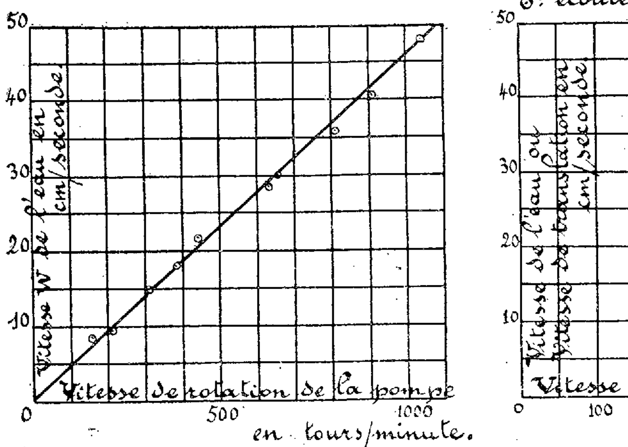
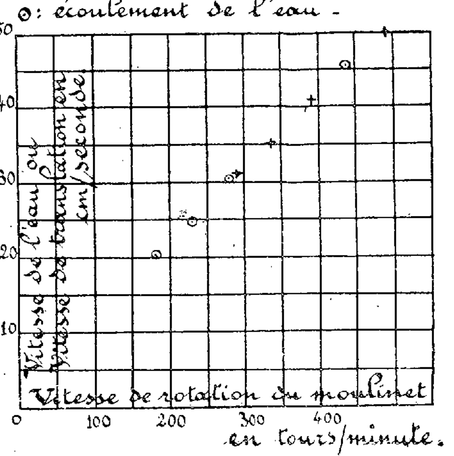


Fig. 3. Courbe de tarage du tube de Pitot avec pompe compensatrice.

Fig. 4. Courbe de tarage du moulinet.
+ : déplacement du moulinet.
⊙ : écoulement de l'eau.





vitesse de translation du chariot, portant le moulinet, était enregistrée au moyen d'un diapason donnant le $\frac{1}{50}$ de seconde. La vitesse de rotation du moulinet taré était déterminée au moyen d'un tachymètre stroboscopique. Le même moulinet a été ensuite disposé dans un champ de vecteurs vitesse uniforme, et la vitesse d'écoulement du fluide a été déterminée par la photographie (*fig.* 4, points ⊙); la vitesse du moulinet a été déterminée par le tachymètre stroboscopique. Les deux courbes de tarage (*fig.* 4) ont pratiquement coïncidé. Il en résulte que le mode de tarage des moulinets est correct.

Cette expérience montre que le paradoxe de Du Buat disparaît si l'on place l'obstacle dans un champ de vecteurs vitesse uniforme. Cette condition n'est pas en général réalisée quand le fluide se déplace, car les vitesses ont une certaine répartition du centre à la paroi de la conduite.

M. Joukowski explique [1] le paradoxe de Du Buat par la différence entre les formes d'écoulement à l'aval du corps immergé suivant que c'est l'obstacle ou le fluide qui se déplacent. Or les photographies [2] que nous avons prises de l'écoulement autour d'obstacles variés (cylindres, palettes planes), ont montré que la forme des filets et la répartition des vitesses étaient les mêmes dans l'un et l'autre cas.

L'interprétation de Joukowski ne paraît donc pas exacte.

3° *Méthode chronophotographique.* — Dans l'étude des modèles réduits, il est souvent impossible, en raison de leurs faibles dimensions, d'employer les procédés précédents qui apporteraient une trop grande perturbation. Nous avons pu étendre la méthode photographique au régime turbulent en nous basant sur ce fait que les variations de vitesse dans le régime turbulent, sont beaucoup moins élevées qu'on ne le croit généralement. Par exemple, dans un canal de verre de $33 \times 4^{\text{cm}}$ de section mouillée, si l'on suit un même filet sur une longueur de 15^{cm} et pour des vitesses de l'ordre de 15^{cm} par seconde, la variation relative de la vitesse ne dépasse pas 3 pour 100 par rapport à la vitesse moyenne; pour des vitesses mesurées successivement en un point déterminé et qui proviennent de filets différents, les variations relatives par rapport à la valeur moyenne ne dépassent pas 7 à 8 pour 100. Il paraît donc légitime de déterminer en chaque point d'une section droite, d'un canal par exemple, la valeur moyenne de la vitesse par la photographie et d'en déduire le débit total du canal.

Nous avons vérifié l'exactitude de cette méthode en comparant le débit ainsi déterminé d'après la photographie, soit $1^{\text{l}},36$ par seconde au débit mesuré directement par jaugeage, soit $1^{\text{l}},33$ par seconde.

(1) Joukowski, *Aérodynamique*, 1916, p. 42.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1557.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Les globes noirs et blancs sans lumière propre.* Note de M. E. **Mathias**.

1. On peut considérer les globes blancs *sans lumière propre* de Galli comme des globes orangés renfermant du soufre, dont la couleur bleue donne, en se superposant à l'orangé, un blanc d'intensité très inférieure à celui qu'émet directement un corps noir incandescent. Mais cela n'explique pas les globes *noirs* (fréquence voisine de 7,5 pour 100). Il faut une explication d'ensemble.

La *Note* II a étudié la couleur des foudres *nues*, dont on voyait la substance incandescente; ici il s'agit de foudres *habillées*, la matière fulminante étant entourée d'un vêtement de vapeurs noires très denses ou de vapeurs blanches ou gris très clair. Si le vêtement est *collant*, les foudres sont des sphères noires, blanches ou grises; si le vêtement est ample ou flottant, la foudre est un *petit nuage* noir, blanc ou gris masquant la masse ignée intérieure.

Avec les foudres noires, le vêtement est si épais ou si absorbant qu'il ne laisse rien passer de la lumière intérieure, sauf quand elles éclatent.

Avec les foudres blanches ou grises, le vêtement collant peut être assez mince ou assez translucide pour transmettre partiellement la lumière intérieure; si le vêtement collant est troué par endroits, les déchirures laissent entrevoir la matière fulminante.

Pour Galli, les cas précédents diffèrent totalement de ceux des foudres nues, la matière fulminante étant ici, pour lui, *un amas de nuages noirs, blancs ou gris électrisés* (¹). Pour nous, au contraire, la matière fulminante, à des impuretés près, est toujours la même; seulement elle est ici cachée à nos yeux par un vêtement de nuages, collant ou flottant, mince ou épais, de couleur noire, blanche ou grise.

2. Voici quelques exemples des différents cas :

Globe noir avec vêtement collant. — Exemple du 9 novembre 1897 à Castelgandolfo. « Après un éclair très vif apparaît, au milieu de la cuisine, un *globe noir* comme s'il était formé de fumée très dense, avec un diamètre de 25 à 30^{cm}, qui en étincelant explosa au visage d'une dame et s'enfuit après par la fenêtre ouverte » (²).

(¹) (²) Ignazio Galli, *I principali caratteri dei Fulmini globulari*, 29, p. 54 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 28, 1910).

Globe noir avec vêtement flottant. — C'est le cas de ce corps noir, allongé comme une jambière de cavalier et suivi d'une espèce de mèche allumée que van Helmont vit *deux fois*, à travers des chênes, au XVIIᵉ siècle : « Vidi quoque semel prope Vilvordiam, atque iterum Bellis in Flandria, thecam quandam nigram, quasi longa esset equitis ocrea, inter querceta magno fragore volare, habentem a tergo flammam velut accensi straminis. Succedebat vero ingens nimbus » (¹).

Autre exemple. Le 13 avril 1832, vers 3ʰ30ᵐ de l'après-midi, M. et Mᵐᵉ Boddington revenaient de Tenbury en voiture. Le ciel était serein. Ils virent venir à eux un nuage noir, isolé et de petite dimension, qui les foudroya en les blessant grièvement (²).

Globes blancs avec vêtement flottant déchiré. — Il s'agit des nombreuses masses blanches qui se virent la soirée du 29 juillet 1686 quand un tourbillon ravagea la Lombardie et la Vénétie. Spoleti dit : « Du sein de cette obscurité on voyait tourner en rond de petites nuées blanches *entrecoupées* (pour ainsi dire) *de larges bandes de feu* » (³).

Globes gris avec vêtement collant translucide. — Exemple du 6 juillet 1822. « D'une trombe qui courait sur la plaine d'Arsonval (Pas-de-Calais) sortaient de temps en temps des globes lumineux et des *globes gris;* les gris paraissaient vaporeux, de couleur tendant vers celle du soufre. Les uns et les autres éclataient avec un fort bruit et *vomissaient des morceaux de branches que la trombe avait arrachés aux arbres* » (⁴).

La citation montre que le globe intérieur avait une couleur jaune ou orangée dans le cas des globes gris. La fin de la citation est extrêmement intéressante en ce qu'elle prouve que l'absorption par la matière fulminante, de matières étrangères rencontrées sur son parcours n'est pas une simple vue de l'esprit, mais bien une réalité objective.

Globe blanc avec vêtement collant. — L'académicien Marcorelle, de Toulouse, rapporte que, le 12 septembre 1747, le ciel étant serein et parfaitement pur, sauf un petit nuage qui paraissait à la vue exactement rond et

---

(¹) J.-B. VAN HELMONT, *Ortus medicinæ*, p. 74; Amsterdam, Elzévir, 1652. — GALLI, *loc. cit.*, p. 55.

(²) F. SESTIER, *De la foudre, de ses formes et de ses effets*, 1, p. 7; Paris, Baillière et fils, 1866.

(³) IGNAZIO GALLI, *Gli effetti fisici e chimici dei Fulmini globulari*, p. 19 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 30, 1912).

(⁴) ZURCHER et MARGOLLÉ, *Trombes et cyclones*, p. 101; Paris, Hachette et Cⁱᵉ, 1876.

de 15 à 16 pouces de diamètre, la foudre tout à coup gronda, éclata et tua la femme Bordenave après l'avoir brûlée au sein [1].

Globes blancs ou gris avec vêtement déchiré. — L'ingénieur Ch. de Jans cite des exemples de globes qui, en général, n'avaient pas de lumière propre mais présentaient toutefois des parties brillantes, ou bien des taches, ou bien des zones diversement colorées [2]. Visiblement, les parties brillantes ou colorées provenaient de la lumière du globe intérieur par les déchirures du vêtement.

3. Il doit y avoir unité d'explication comme il y a unité de matière fulminante pure. Les parties solides des tissus organisés (cellulose) sont des hydrates de carbone, avec, en général, des traces de sels minéraux. A peu de chose près, la calcination des substances organisées donne de la vapeur d'eau et du noir de fumée. Trois cas sont possibles : ou bien il y a prédominance énorme du noir de fumée; ou bien il y a des quantités comparables de noir de fumée et de vapeur d'eau; ou bien il y a une large prédominance de vapeur d'eau.

Dans le premier cas, la matière fulminante émettra un nuage noir assez abondant pour la cacher à la vue des observateurs; dans le deuxième cas, le nuage enveloppant la matière incandescente sera gris; dans le dernier cas, le nuage sera blanc. Pour légitimer cette explication, rappelons que, quand la fumée d'un vaisseau est noire, il suffit d'envoyer dans la cheminée de la vapeur d'eau pour voir, en quelques secondes, la fumée devenir grise, puis blanche.

Ce qui précède explique le vêtement *flottant*, non le vêtement *collant*. Pour expliquer ce dernier, il suffira d'admettre que la matière fulminante est à un potentiel électrique très élevé; alors, non seulement elle attire énergiquement tous les organismes légers flottant dans l'air sur son passage, mais la vapeur d'eau et les particules de noir de fumée qui résultent de leur carbonisation forment un nuage conducteur. Celui-ci est soumis, de par son potentiel élevé, à une pression électrostatique normale, $2a\sigma^2$ par centimètre carré, proportionnelle au carré de la densité électrique superficielle σ, donc au carré du potentiel, pression qui applique le nuage sur la foudre sphérique et lui donne la forme de celle-ci.

Nous reviendrons sur ce point qui a de multiples conséquences.

---

(1) F. Sestier, *loc. cit.*, 1, p. 6.

(2) Ch. de Jans, *Les tentatives d'explication de la foudre globulaire*, p. 16, Note I, Bruxelles, 1909.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Roux**, **Th. Schloesing**, **E. Leclainche**, **P. Viala**, **L. Lindet** sont réélus membres du Conseil d'administration de l'*Institut des Recherches agronomiques*; M. **G. André** est élu en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

NOMINATIONS.

M. **M. d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du Centenaire de la *Société scientifique de Bruxelles* les 12 et 13 avril prochains.

CORRESPONDANCE.

M. le **Haut-Commissaire de la République française en Syrie** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès archéologique de Syrie et de Palestine*, qui s'ouvrira à Beyrouth le 8 avril prochain.

M. **B. Jekhowsky** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éléments de Philosophie médicale*, par Noël Hallé. (Présenté par M. Ch. Richet.)

2° *Auguste Dollot* (1841-1924). (Présenté par M. H. Douvillé, au nom de M. René Dollot, fils du défunt.)

3° *Étude ostéologique de la tête d'un jeune éléphant d'Asie*, par F. van Gaver, formant le tome XX (1925) des *Annales du Musée d'His-*

toire naturelle de Marseille, publiées sous la direction de M. A. VAYSSIÈRE. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° ERNEST ESCLANGON. *L'acoustique des canons et des projectiles.* (Présenté par M. R. Bourgeois.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de problèmes aux limites sans fonctions de Green.* Note de M. **MAURICE GEVREY.**

1. Nous avons déjà montré [1] comment la résolution des problèmes aux limites relatifs aux équations linéaires aux dérivées partielles d'ordre quelconque, à caractéristiques imaginaires décomposables, pouvait se faire à l'aide d'une *fonction de Green*, solution de l'équation adjointe, et qui s'obtient en résolvant une seule équation intégrale.

Peut-on résoudre les problèmes aux limites *sans fonctions de Green* et par suite sans passer par l'intermédiaire de l'adjointe? Il suffit pour cela de former la *fonction auxiliaire* $V(P, \Pi)$ dont nous avons déjà parlé, *mais en partant de l'équation proposée* $F(u) = 0$ *elle-même* [2] et en assujettissant V, considérée comme fonction de P, aux mêmes conditions aux limites que la solution cherchée u. Toutefois, il faut que celles-ci se traduisent par des relations linéaires *et homogènes* entre u et ses dérivées sur la frontière S d'un domaine donné D. On aura alors, en tout point P intérieur à D, $d\omega$ étant l'élément de domaine,

$$u(P) = \int_D V(P, \Pi)\,\varphi(\Pi)\,d\omega_\Pi \tag{1}$$

et la condition $F(u) = 0$ nous donnera, pour déterminer φ, une équation intégrale de la forme

$$\varphi(P) + \int_D K(P, \Pi)\,\varphi(\Pi)\,d\omega_\Pi = \psi(P), \tag{2}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 571.

(2) *Loc. cit.*, p. 572. Ici les rôles des points P et Π sont intervertis : si $F(u) = 0$ est d'ordre $2p$, à m variables, V et ses dérivées *relativement à* P doivent se comporter, pour

$$r = 0 \quad (r = P\Pi),$$

comme r^{2p-m} si m est impair ou négatif et comme $r^{2p-m}\mathcal{L}r$ dans les autres cas; mais F(V) doit admettre, pour $r = 0$, un pôle d'ordre moindre que m.

où le noyau K a un pôle d'ordre moindre que le nombre des variables. La condition de possibilité du problème est que le déterminant de Fredholm ne soit pas nul.

2. Prenons comme exemple une équation du second ordre à m variables

$$F(u) \equiv \Sigma a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} + \Sigma b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + f = 0,$$

les coefficients étant fonctions de $x_1, \ldots, x_m$ et la forme $\Sigma a_{ik} X_i X_k$ définie. Supposons u assujettie à être nulle sur S. Formons alors une fonction $s(P)$ s'annulant ainsi que $\Sigma a_{ik}(\Pi) \frac{\partial s}{\partial x_i} \frac{\partial s}{\partial x_k} - 1$, quand P vient sur S. Désignons par σ la fonction $s(\Pi)$ et par A_{ik} le mineur de a_{ik} dans le déterminant des a_{ik} (supposé égal à *un*).

Nous poserons alors, pour $m > 2$,

$$\vartheta(P, \Pi) = \Sigma A_{ik}(\Pi)(x_i - \xi_i)(x_k - \xi_k), \qquad V(P, \Pi) = \vartheta^{1-\frac{m}{2}} - (\vartheta + 4s\sigma)^{1-\frac{m}{2}},$$

et u sera donnée par (1), φ étant solution de (2) ; il suffit que les coefficients a admettent, par rapport à $(x_1, \ldots, x_m)$, des accroissements d'ordre non nul; quant aux coefficients b, c, f, il suffit que cette condition soit réalisée pour une seule variable. Ainsi donc nous pouvons calculer u dans des cas où, les coefficients n'étant pas dérivables, l'adjointe ne pourrait être formée. Ici nous n'avons pas besoin de vérifier la solution, ce qui est nécessaire quand on emploie la fonction de Green. Par contre il faut établir à part l'*unicité* de la solution.

3. Mais nous avons supposé les données *nulles sur* S. Si celles-ci ne le sont pas, mais admettent les dérivées nécessaires pour un changement d'inconnue, le problème général se ramène aisément au cas envisagé. Comment traiter le cas des données simplement *continues ?* Il faudra alors ajouter au second membre de (1) une fonction $\chi(P)$ prenant sur S les valeurs données et telle que l'ordre d'infinitude de $F(\chi)$, quand P vient sur S, n'empêche pas la résolution de (2). Prenons comme exemple l'équation à 2 variables

$$\text{(3)} \qquad \Delta u + a \frac{\partial u}{\partial x} + b \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f = 0,$$

u étant donnée sur un contour fermé C de longueur $2l$. Nous poserons

$$r_2^2 = r^2 + 4d\delta, \qquad V = \mathcal{L}\frac{r_2}{r}, \qquad \chi = \frac{1}{\pi}\int_{-l}^{l} \frac{u(M)\,d}{\overline{PM}^2}\,ds, \qquad \varphi = \frac{\varphi_1}{d}$$

(d et δ distances de P et Π à C; s = arc AM, A étant le pied de d. On peut aussi remplacer $\overline{PM}^2$ par $d^2 + s^2$). En écrivant alors que

$$\int\int_{(C)} V(P, \Pi) \frac{\varphi_1(\Pi)}{\delta} d\omega_\Pi + \chi(P)$$

est solution de (3), nous obtiendrons une équation intégrale en φ_1 se ramenant aux types classiques.

4. Nous devons nous borner à ces brèves indications. L'emploi des fonctions r_1 et $\mathfrak{S}_1$ (¹) permet aussi de résoudre par la même méthode le problème de Neumann, les problèmes mixtes, et plus généralement tous les problèmes aux limites à conditions linéaires, tant pour les équations *ordinaires* que pour les équations *intégrodifférentielles* que nous avons envisagées antérieurement. Nous en avons déjà fait une application particulière *au cas des marées* (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques généralisations des théorèmes sur les séries qui admettent des lacunes.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Dans mes premières Notes consacrées aux séries de Taylor, j'ai établi plusieurs théorèmes concernant les séries entières admettant des lacunes (³).

Pour démontrer quelques théorèmes concernant la nature des singularités sur le cercle de convergence, je me suis appuyé sur un lemme que j'ai démontré à l'aide des théorèmes de M. Hadamard sur certains déterminants.

Le lemme en question est le suivant :

Une fonction représentée par une série entière $\Sigma a_n x^{\lambda_n}$, où la suite λ_n est telle qu'on puisse en extraire une suite partielle λ_{n_i} vérifiant l'inégalité

$$\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i} \geqq K,$$

admet sur le cercle de convergence au moins K + 1 pôles, ou bien un point singulier qui n'est pas un pôle.

Après que ma Thèse eut paru, M. Montel a proposé de généraliser ce

(¹) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 761 et 1447.

(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 663 et 1243.

(³) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 728 et 978. Voir aussi ma Thèse : *Sur les séries de Taylor qui présentent des lacunes* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 40, 1923, p. 431.)

lemme en supposant que l'on a $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ avec

$$\lim_{i=\infty} \{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{n_i+K-1}| \} = 0$$

(n_i étant une suite de nombres entiers positifs tels qu'on ait $\lim n_i = \infty$) et il lui paraissait probable qu'on pourrait en tirer la même conclusion que celle du lemme cité. (On suppose que le rayon de convergence est égal à un.)

Or, en effet, cette généralisation est exacte et on peut la démontrer immédiatement en s'appuyant sur les résultats de M. Carlson, obtenus un an après ([1]).

En appliquant des méthodes analogues à celles que j'ai employées dans ma Thèse, on peut démontrer les théorèmes suivants :

Soit $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ une série entière de rayon de convergence égal à 1; n_i et k_i étant deux suites de nombres entiers positifs, supposons que l'on a

$$\lim_{i=\infty} \{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{n_i+k_i}| \} = 0;$$
$$\lim n_i = \infty,$$
$$\lim k_i = \infty;$$

alors il y a sur le cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.

De même le théorème plus général suivant a lieu :

$\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ ayant le rayon de convergence égal à 1, les coefficients a_n étant bornés au module si l'on a

$$\lim_{i=\infty} n_i^{p-1} \{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{2^p n_i}| + \ldots + |a_{2^p n_i + k_i}| \} = 0;$$
$$\lim n_i = \infty;$$
$$\lim k = \infty;$$

alors $\varphi(x)$ ne peut pas être mise sous la forme

$$\varphi(x) = \frac{\varphi_1(x)}{[P(x)]^{\frac{1}{p+1}}},$$

où $\varphi_1(x)$ admet le rayon de convergence supérieur à 1, et où $P(x)$ est un polynome.

([1]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1677.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Valiron.*
Note de M. **E.-F. Collingwood**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini ρ. Posons

$$m(r,f)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\overset{+}{\log}|f(re^{i\theta})|\,d\theta;\qquad \mathrm{N}(r,f)=\int_0^r\frac{n(t,f)}{t}\,dt,$$

$\overset{+}{\log}|f|$ étant égal à $\log|f|$ si $|f|>1$ et à zéro si $|f|\leqq 1$, et $n(t,f)$ désignant le nombre des zéros non nuls de $f(z)$ situés dans le cercle $|z|\leqq t$. Il résulte du théorème de Jensen que, pour toute valeur de x,

$$\underline{\lim}_{r=\infty}\frac{\mathrm{N}(r,f-x)}{m(r,f)}\leqq\overline{\lim}_{r=\infty}\frac{\mathrm{N}(r,f-x)}{m(r,f)}\leqq 1.$$

Dans un Mémoire récent, M. Valiron a montré que l'*ensemble des valeurs de x pour lesquelles*

$$\underline{\lim}_{r=\infty}\frac{\mathrm{N}(r,f-x)}{m(r,f)}<1 \tag{1}$$

est un ensemble de mesure linéaire nulle (¹). On sait d'ailleurs que c'est le meilleur résultat possible (²).

Dans cette Note, je donne une démonstration de ce théorème entièrement différente de celle de M. Valiron. Elle est basée sur une propriété des valeurs de x vérifiant l'inégalité (1) que j'ai donnée dans une Note précédente (³). Une telle valeur doit satisfaire à l'une des conditions suivantes :

a. x est une valeur asymptotique de $f(z)$;

b. Étant donnée une suite de nombres ε_n non croissant et tendant vers zéro lorsque n croît indéfiniment, il existe une suite de couronnes $[\mathrm{R}_n(x), \mathrm{R}'_n(x)]$, *avec*

$$\lim_{n=\infty}\frac{\log \mathrm{R}'_n(x)}{\log \mathrm{R}_n(x)}=+\infty,\qquad \lim_{n=\infty}\mathrm{R}_n(x)=+\infty,$$

(¹) G. Valiron, *Sur la distribution des valeurs des fonctions méromorphes* (*Acta mathematica*, **47**, 1925, p. 117-142). Un ensemble est dit *de mesure linéaire nulle* lorsque ses points peuvent être enfermés dans une suite de cercles dont la somme des rayons est arbitrairement petite.

(²) Voir par exemple G. Valiron, *Sur les zéros des fonctions entières d'ordre fini* (*Rendiconti del Circolo mat. Palermo*, **43**, 1919, p. 255-268).

(³) E.-F. Collingwood, *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions entières d'ordre fini* (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1125-1127).

chacune d'elles étant traversée par un chemin continu sur lequel $|f(z)-x|<\varepsilon_n$;

c. Le nombre positif arbitraire k étant donné, x est intérieur à une infinité de cercles $c_\nu(k)$ *définis par les conditions*

$$|w-w^{(\nu)}|\leq|z^{(\nu)}|^{-k},\qquad w^{(\nu)}=f(z^{(\nu)}),\qquad f'(z^{(\nu)})=0.$$

On sait que les valeurs x satisfaisant à la condition (a) sont en nombre fini [1]. En ce qui concerne la condition (c), il est clair qu'on peut prendre k supérieur à ρ et négliger un nombre fini de cercles $c_\nu(k)$. L'ensemble des points x satisfaisant à cette condition est intérieur à une infinité de cercles $c_\nu(k)$ dont la somme des rayons est moindre que

$$\sum_{\nu_0}^{\infty}|z^{(\nu)}|^{-k},$$

et cette somme est arbitrairement petite pourvu que ν_0 soit assez grand puisque c'est le reste d'une série convergente $(k>\rho)$. L'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (c) est donc de mesure linéaire nulle. Nous allons montrer que l'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (b) est dénombrable. Il en résultera que l'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (1) est de mesure linéaire nulle.

Une valeur x vérifiant la condition (b) peut être considérée comme *partiellement asymptotique*. Un groupe de valeurs partiellement asymptotiques distinctes $x_1, x_2, \ldots, x_\mu, \ldots$, seront dites *simultanées* s'il existe une suite infinie de couronnes (R_λ, R'_λ) telles que $R'_\lambda > R_\lambda^{T(\rho)}$, $T(\rho)$ étant une constante dépendant de ρ, chaque couronne de cette suite étant intérieure à une couronne de chacune des suites

$$[R_n(x_\nu), R'_n(x_\nu)],\qquad (\nu=1, 2, \ldots, \mu, \ldots).$$

La méthode que j'ai donnée dans une Note récente [2] permet d'appliquer à tout groupe de valeurs partiellement asymptotiques simultanées le raisonnement employé par M. Carleman pour un groupe de valeurs asymptotiques ordinaires. On montre ainsi que le nombre des valeurs différentes d'un tel groupe est inférieur à une constante dépendant de ρ seulement.

---

(1) T. CARLEMAN, *Sur les fonctions inverses des fonctions entières d'ordre fini* (*Arkiv för Math.*, 15, 1920, n° 10, p. 1-7).

(2) E.-F. COLLINGWOOD, *Sur un théorème de M. Lindelöf* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 844-846). Cette Note renferme un certain nombre de fautes d'impression qui ont été rectifiées dans un errata (p. 1202 du même volume).

L'ensemble des groupes distincts est évidemment dénombrable et toute valeur x provenant de la condition (b) appartient à un groupe au moins (x peut appartenir à une infinité de groupes et un groupe peut ne correspondre qu'à une seule valeur). L'ensemble des x satisfaisant à (b) est bien dénombrable.

Signalons en passant qu'une fonction d'ordre inférieur à $\frac{2}{\pi^2}$ ne possède pas de valeur partiellement asymptotique.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que l'ensemble des valeurs de x pour lesquelles

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} < 1$$

est dénombrable.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions holomorphes dans une région, et dont les valeurs appartiennent à cette région.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Emile Borel.

J'ai démontré ailleurs la proposition suivante : *Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z|<1$, et <1 en valeur absolue, si l'on pose $f_1(z)=f(z)$, $f_{n+1}(z)=f\{f_n(z)\}$, $n=1, 2, \ldots$, alors : ou bien la suite des $f_n(z)$ converge pour chaque valeur de z vers une valeur α, indépendante de z et <1 en valeur absolue, ou bien $|f_n(z)|\to 1$ pour chaque z.*

La question suivante se pose maintenant : Existe-t-il une telle fonction $f(z)$ pour laquelle l'ensemble limite E de la suite $f_n(z)$ contient plus d'un point? Je n'ai pas encore réussi à résoudre cette question. Mais démontrons la proposition suivante :

Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z|<1$, $|f(z)|<1$ et si de plus $f(z)$ est continue pour $|z|\leqq 1$, alors la suite des $f_n(z)$ converge pour chaque z à l'intérieur du cercle C($|z|<1$).

La chose est évidente si l'équation $f(z)=z$ a une racine à l'intérieur de C [2].

Soit donc $f(z)\neq z$, pour $|Z|<1$. Alors j'ai démontré que $|f_n(z)|\to 1$. Je dis que pour chaque z à l'intérieur de C l'ensemble limite E est le même.

---

[1] Séance du 21 décembre 1925.

[2] On exclut ici tacitement les fonctions $\dfrac{az+b}{cz+d}$.

En effet, soit α un point limite de $f_n(z_0)$. De la suite f_n, on peut extraire une suite f_p qui converge à l'intérieur de C vers une fonction holomorphe Φ. Puisque $|\Phi| \leqq 1$ et $|\Phi(z_0)| = |\alpha| = 1$, $\Phi \equiv \alpha$, donc α appartient à l'ensemble limite de chaque point intérieur à C. Il en résulte que E est indépendant de z pour $|z| < 1$.

Admettons maintenant que E contienne plus d'un point. Je dis que E est un arc de C, ou la circonférence entière. Il suffit de montrer que E n'est pas la somme de deux ensembles fermés E_1 et E_2, sans points communs et non vides. Admettons donc que $E = E_1 + E_2$. Soient $\mathcal{G}_1$ et $\mathcal{G}_2$ deux ensembles ouverts contenant respectivement E_1 et E_2 et extérieurs l'un à l'autre. Soit z un point à l'intérieur de C, et nommons $z_p = f_p(z)$ les points $f_n(z)$ intérieurs à G_1, $z_q = f_q(z)$ ceux qui sont intérieurs à $\mathcal{G}_2$. Il est clair que E_1 est l'ensemble limite des z_p, E_2 celui des z_q. Il y a une infinité d'indices p, tels que $p+1$ est un q, car dans le cas contraire chaque $p+1$ serait un p, à partir d'un certain rang, donc E_2 serait vide. Soit donc (ρ) une suite partielle de (p) telle que $p+1$ est un q. La suite f_ρ contient une suite f_π qui converge vers une fonction holomorphe à l'intérieur de $\mathcal{C}$. Cette fonction est une constante, parce que sa valeur absolue est en tout point égale à *un*; et puisque $f_\pi(z)$ ne peut avoir de limite hors de E_1, cette fonction est égale à une valeur α_1 de E_1. Donc $f_\pi \to \alpha_1$ en tout point intérieur à $\mathcal{C}$. En particulier $f_\pi(z_1) = f_{\pi+1}(z) \to \alpha_1$. Mais tous les $\pi + 1$ sont des q, donc α_1 devrait être dans E_2. Cette contradiction montre que E est un arc de C.

Soit α un point de l'arc E. La suite z_n contient une suite z_μ qui converge vers α. La suite f_μ contient une suite $f_{\mu'}$ qui converge vers α à l'intérieur de C, donc en particulier en z_1. Il en suit que $f_{\mu'}(z_1) = f(z_{\mu'}) \to \alpha = f(\alpha)$.

En tout point de l'arc E on a donc $f(z) = z$, donc $f(z) \equiv z$, contrairement à l'hypothèse $f(z) \neq z$ pour $|z| < 1$. Il est démontré que E ne contient qu'un seul point, donc la suite $f_n(z)$ converge.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le potentiel interne dans les voûtes circulaires épaisses, et la notion de glissement moyen qui s'en déduit.* Note [1] de M. R. **Chambaud**, présentée par M. Mesnager.

1. J'ai exposé dans une Note récente [2] les principes d'une théorie des voûtes circulaires épaisses qui constitue une extension du problème de

---

[1] Séance du 28 décembre 1925.

[2] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 905.

Saint-Venant aux pièces *à courbure constante*. L'expression canonique que j'ai obtenue pour les tensions et les déformations permet de calculer le *potentiel élastique* Π d'une voûte d'ouverture quelconque 2ω, soumise à une résultante extérieure $\mathfrak{R}$ *passant par le centre* (le rayon initial étant normal à $\mathfrak{R}$). Les formules (4) et (5) donnent en effet

$$(1) \qquad \prod_{-\omega}^{+\omega} = l\int_{r'_1}^{r'_2} (t_3 u + n_2 v)\, dr = \mathrm{R}\mathfrak{R} r_1 \left[\frac{\sin 2\omega}{2(\lambda - 1)} \int_1^{\lambda} (\nu_1 \xi + \nu_2 \zeta)\, d\rho - \eta\omega\right].$$

Dans cette formule où j'ai conservé mes notations, l désigne la longueur suivant les génératrices, η est fonction de λ seul, ν_1, ν_2, ξ, ζ sont fonctions de λ et de ρ (ξ et ζ dépendent aussi de σ). Toutes ces fonctions sont rationnelles ou logarithmiques; on obtient donc Π par des quadratures très simples, et l'on trouve

$$(2) \qquad (1 - \sigma)\Pi = -\mathrm{R}\mathfrak{R} r_1 [(\delta - \eta\sigma) \sin\omega \cos\omega + (1 - \sigma)\eta\omega],$$

δ étant, comme η, une fonction de λ, qui *tend vers un avec* λ.

2. La connaissance de Π permet de faire l'examen critique de la notion de *rotation moyenne des sections droites* que j'ai introduite dans ma première Note. La définition indiquée (moyenne des rotations des éléments de rayon) revient à remplacer la section déformée par un *plan voisin*. A la limite, quand la courbure *s'annule*, la section déformée suit un profil symétrique à inflexion, et le plan voisin en question est celui qui conserve les points situés sur la fibre moyenne et sur les fibres extrêmes. Nous rejoignons donc ici le point de vue habituel de la résistance des matériaux, et c'est le sens objectif de la définition proposée. Mais celle-ci n'en est pas moins arbitraire, et la considération du potentiel interne va nous conduire à la rejeter : On peut en effet définir un plan voisin de la section déformée par la condition qu'il passe par son centre de gravité et *corresponde à la même valeur du potentiel interne*, et il est clair qu'un tel plan doit être considéré comme *le plus voisin*, c'est-à-dire conduisant à *la meilleure définition* de la rotation moyenne.

Adoptons donc cette définition. La nouvelle valeur φ_m de la rotation moyenne s'obtiendra en écrivant l'équation de condition

$$(3) \qquad 2\mathrm{R}\mathfrak{R} r_1(\zeta_0 \sin\omega \cos\omega - \eta\omega) - \varphi_m \mathfrak{R} r_1 (\lambda + 1) \cos\omega = 2\Pi,$$

où ζ_0 est la valeur de ζ sur la fibre moyenne. On en déduit

$$(4) \qquad \varphi_m = \mathrm{R}\zeta'_m \sin\omega,$$

en posant

$$(\lambda + 1)\zeta'_m = 2[\zeta_0 + (1 - \sigma)^{-1}(\delta - \eta\sigma)].$$

Telles sont les formules remplaçant nos précédentes formules (6). La théorie du *centre élastique* et de la *compensation des variations linéaires* s'ensuit de la même façon, il suffit de remplacer ζ'_0 par ζ'_m. On aboutit à des expressions de même forme.

3. Il est intéressant de voir l'effet de la correction apportée : l'équation $(\lambda+1)\psi_0 = 2R(\zeta_0+\eta)$ donne la rotation ψ_0 de la fibre moyenne d'après notre première formule (5). Si donc nous appelons *glissement moyen* g_m la différence $\varphi_m - \psi_0$, on aura

$$(5) \qquad g'_m = R\left(\zeta'_m - 2\frac{\zeta_0+\eta}{\lambda+1}\right) = 6\,\frac{1+\sigma}{E}\,\frac{\eta-\delta}{(\lambda-1)^2}\,\frac{\mathcal{R}\sin\omega}{S} = \frac{6}{5}\gamma_m\frac{\mathfrak{T}}{GS},$$

formule où figurent l'effort tranchant $\mathfrak{T}$ et le module d'élasticité transversale G. γ_m désigne un nouveau coefficient égal à $2{,}5\,(\lambda-1)^{-2}(\eta-\delta)$ et tendant vers *un* quand la courbure *s'annule*. Nous voyons ainsi que la loi du glissement moyen admise en résistance des matériaux est *inexacte* et doit recevoir un facteur de correction, fonction de la courbure, qui atteint 1,2 pour les pièces rectilignes. Circonstance curieuse *l'erreur est moindre aux fortes courbures*. Quant à la correction angulaire $\varphi_m - \varphi_0$ elle tend vers $\left(\frac{1}{5}-\frac{\sigma}{4}\right)\frac{\mathfrak{T}}{GS}$ quand la courbure tend vers *zéro*, ce qui permet de situer le plan *le plus voisin*. Ces résultats généralisent ceux qui ont été donnés par M. Bertrand de Fontviolant dans le cas où la courbure est nulle ainsi que le coefficient de Poisson σ [1].

4. Dans le cas d'une résultante *à ligne d'action quelconque*, l'expression des tensions et des déformations se généralise sans autre difficulté, car les conditions nouvelles n'ajoutent pas de *distorsion*. Si ar_1 désigne la distance de $\mathcal{R}$ au centre, e l'épaisseur de la voûte, $\mathfrak{M}$ le moment de flexion dans la section courante (par rapport au centre de gravité), on a les formules *générales* suivantes :

$$(6) \qquad n_1 = \nu'_1\frac{\mathfrak{N}}{S} + \mu_1\frac{6\,\mathfrak{M}}{eS}, \qquad n_2 = \nu'_2\frac{\mathfrak{N}}{S} + \mu_2\frac{6\,\mathfrak{M}}{eS}, \qquad t_3 = \nu_1\frac{\mathfrak{T}}{S};$$

$$(7) \quad \begin{cases} u = Rr_1(\xi\cos\omega - \eta\omega\sin\omega + 2a\varkappa\rho), \qquad v = Rr_1(\zeta\sin\omega - \eta\cos\omega - 2a\gamma\rho\omega); \\ \varphi = R(\zeta'\sin\omega - 2a\gamma\omega), \quad \varphi_m = R(\zeta'_m\sin\omega - 2a\gamma\omega), \quad \psi = R(\chi\sin\omega - 2a\gamma\omega). \end{cases}$$

On a posé $\xi+\zeta+\eta = \rho\chi$ et ζ' est la dérivée de ζ par rapport à ρ. Dans ces formules ν_1, ν'_1, ν'_2, μ_1, μ_2 sont des fonctions de λ et de ρ qui redonnent les solutions de Saint-Venant quand la courbure s'annule. γ dépend de

---

(1) *Résistance des Matériaux*, Paris, 1, 1923, p. 149.

λ seul et $\varkappa$ de λ, ρ et σ. Ces deux fonctions tendent vers *un* à la limite. Quant à Π il prend la forme que voici où δ', δ'' sont de nouvelles fonctions de λ analogues à δ :

$$(8) \qquad (1-\sigma)\Pi = -R\mathfrak{R}r_1[(\delta-\eta\sigma)\sin\omega\cos\omega + (1-\sigma)\eta\omega - (\delta'-4\delta''\sigma)a\sin\omega + 2(1-\sigma)\gamma a^2\omega].$$

L'emploi systématique de coefficients *tendant vers un* nous a permis d'obtenir une représentation objective de l'*effet de courbure*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Au sujet de la part de résistance de remorquage d'un flotteur due à la formation d'un champ de vagues.* Note de M. **E. G. Barrillon**, présentée par M. Rateau.

Les deux causes principales de résistance de remorquage d'un flotteur affiné en translation uniforme sont le frottement et la formation de vagues; pour une série de flotteurs ne différant que par le développement de la partie cylindrique comprise entre un avant et un arrière toujours les mêmes, la résistance de remorquage à une même vitesse donne, après déduction du frottement, une résistance, dite directe, variant avec la longueur de la partie cylindrique et passant, pour certaines valeurs de celle-ci, par des minima attribuables à l'interférence favorable des divers systèmes de vagues formés.

La discussion de ces effets est rendue peu certaine par l'impossibilité de mesurer séparément la part de résistance due aux divers systèmes de vagues composants. Il a donc été jugé utile d'étudier des ensembles formés de parties à résistances séparément mesurables. Dans ces essais, le flotteur sur lequel se font les mesures dynamométriques est placé dans un champ de vagues artificiel formé par un ou plusieurs autres flotteurs.

Divers dispositifs ont été employés :

1. Un flotteur naviguant dans le sillage d'un autre flotteur axial, générateur de vagues.

2. Un flotteur naviguant dans le système de divergentes d'un flotteur générateur, ces divergentes étant réfléchies sur des parois fixes de façon à former un nouveau système divergent en un point éloigné du flotteur générateur.

3. Un flotteur naviguant dans le système de divergentes de deux demi-flotteurs latéraux.

4. Un flotteur naviguant dans le champ de vagues combiné, résultant de la formation simultanée des systèmes 1 et 3.

Résultats observés. — Dans un train constitué suivant la disposition 4, avec position fixe de tous les flotteurs les uns par rapport aux autres, si l'on mesure les résistances de remorquage du flotteur arrière, pour diverses vitesses de route de l'ensemble du train, on constate que, si le train est correctement constitué, il existe des vitesses pour lesquelles la résistance de remorquage du flotteur arrière passe par un minimum. Ce minimum est dû à la superposition d'interférences favorables à la fois pour les divergentes et pour les transversales; il est très nettement marqué.

Voici un exemple dans lequel, pour une variation de 1,5 pour 100 de la vitesse de route, la résistance varie de plus de 25 pour 100.

V_r.	Résistance totale du flotteur dans le champ de vagues artificielles.	Résistance totale du même flotteur remorqué isolément.	Résistance de frottement du même flotteur remorqué isolément.
m : s	kg	kg	kg
1,968..........	1,167	3,481	0,682
1,980..........	0,990	3,553	0,690
1,983..........	0,853	3,565	0,692
1,990..........	0,781	3,606	0,696
1,995..........	0,780	3,648	0,700
2,000..........	0,728	3,677	0,702
2,016..........	0,925	3,778	0,713
2,025..........	1,085	3,842	0,718
2,028..........	1,425	3,860	0,720

Dans cet exemple, pour 2 m : s de vitesse de route, la résistance de remorquage du flotteur isolé est de $3^{kg},677$ dont $0^{kg},702$ de frottement et par conséquent $2^{kg},975$ de résistance directe attribuable à la formation de vagues et de remous.

La résistance totale, dans le champ des vagues artificielles, est de $0^{kg},728$; il reste donc seulement $0^{kg},026$ de résistance attribuable aux vagues et aux remous. La résistance due à la formation des vagues est pratiquement annulée. Appelant degré de récupération le rapport de la diminution de résistance due aux vagues artificielles à la résistance directe du même flotteur isolé, à la même vitesse de route, on trouve ici un degré de récupération de

$$\frac{3,677 - 0,728}{3,677 - 0,702} = 0,99.$$

Il n'y a d'ailleurs *a priori* aucune raison pour que le degré de récupéra-

tion ne soit pas supérieur à 1 dans des cas où les sources de vagues artificielles seraient plus puissantes que les flotteurs que j'ai employés.

Les degrés de récupération pour la disposition 1 ne dépassent pas 20 pour 100 aux écartements correspondants aux essais avec système artificiel combiné. Les degrés de récupération pour la disposition 3 ne dépassent pas 83 pour 100. Les degrés de récupération, voisins de l'unité, obtenus avec la disposition 4 sont dus à la superposition des deux effets d'interférence.

Pour le cas de l'exemple, le poids du flotteur attelé au dynamomètre était de $53^{kg},1$ (surface mouillée $1^{m^2},033$).

Le train formant le champ de vagues artificielles était composé d'un flotteur axial, dont l'étambot était à $13^m,816$ de l'étrave du flotteur attelé au dynamomètre, et de deux demi-flotteurs latéraux, dont les étambots étaient à $3^m,613$ en avant de l'étrave du flotteur attelé au dynamomètre. La distance entre les longitudinaux des deux demi-flotteurs était de $4^m,2$. Le système des divergentes du flotteur axial passait sur l'avant des deux demi-flotteurs.

Ces essais montrent qu'il est possible d'annuler la résistance directe de remorquage d'un flotteur en le plaçant dans un champ de vagues artificiel convenable, et que les interférences entre divergentes sont aussi importantes que les interférences entre transversales, qui seules jusqu'ici servaient de base à l'explication des variations de résistance à vitesse constante observées sur les flotteurs à partie cylindrique variable.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *De la température des taches solaires.* Note (¹) de M. V. **Bjerknes**, présentée par M. Deslandres.

Considérons un milieu fluide qui possède une surface libre. Supposons que la densité du milieu croît vers le bas plus rapidement que ne le demande la compression. C'est là le point fondamental : il ne s'agit pas, comme dans l'hydrodynamique classique, du fluide idéalisé barotrope, dont l'état d'équilibre interne est indifférent. Il s'agit d'un système fluide intrinsèquement hétérogène, dont l'état d'équilibre interne est stable, et dans lequel les surfaces isobares et les surfaces équisubstantielles peuvent se couper pendant le mouvement (état barocline) (²). Si le milieu a les propriétés d'un gaz,

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

(²) Voir Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, 3, 3ᵉ édit., 1921, Chap. XXXVII : Fluides baroclines.

il faut que la température croisse vers le bas plus lentement que suivant la loi adiabatique. Une masse qui a été élevée au-dessus de son niveau d'équilibre reçoit donc, par son refroidissement adiabatique, une température plus basse et une densité plus grande que les parties environnantes, et tend à retomber à son niveau d'équilibre.

Considérons dans ce milieu un tourbillon horizontal. Il produit dans la surface libre une dépression D au-dessous du niveau d'équilibre qui donne une mesure propre de l'intensité du tourbillon. La circulation autour de l'axe vertical doit être un maximum à la surface, et décroître vers le bas, en devenant nul dans une profondeur H au-dessous de la surface. H représente ainsi l'épaisseur du tourbillon. L'excès de circulation dans les couches supérieures donne un excès de force centrifuge dans les parties supérieures du tourbillon. Il agit comme une pompe centrifuge. Des masses lourdes sont élevées d'en bas jusqu'à ce que l'effet centrifuge soit balancé par le poids de ces masses. Si la distribution des vitesses est donnée, on peut toujours calculer la distribution des masses qui donne cet équilibre. On y arrive très facilement en appliquant le théorème général des circulations ([1]), ou bien en se servant des formules que j'ai données pour les tourbillons circulaires ([2]). Si le milieu est gazeux, on passe ensuite par l'équation des gaz à la distribution correspondante des températures, qui montrera une dépression de température dans les parties centrales du tourbillon.

Suivons la surface libre d'un point très éloigné jusqu'au point le plus profond au centre du tourbillon. On y trouve la dépression D au-dessous du niveau d'équilibre, et une dépression correspondante de température $\Delta T = T - T_0$. Pour prendre le cas le plus simple, supposons que l'inclinaison de la surface libre reste petite, et supposons que la vitesse décroisse suivant une loi linéaire de la surface à la profondeur H. Si la dépression ΔT est petite comparée aux températures absolues T_0 et T, on trouve facilement qu'on peut la calculer par la formule

$$\Delta T = 2T\frac{D}{H}.$$

En cas de plus grandes dépressions de température on se sert de la for-

---

([1]) V. Bjerknes, *Ueber die Bildung von Cirkulationsbewegungen und Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten* (*Videnskabsselskabets Skrifter*, Christiania, 1898).

([2]) V. Bjerknes, *Dynamics of the circular Vortex with applications to the Atmosphere and atmospheric Vortex and Wave motions* (*Geofysiske Publikationer*, 2, n° 4, Christiania, 1921, p. 1).

mule plus exacte

$$\operatorname{lognat}\frac{T}{T_0} = 2\frac{D}{H}.$$

La dépression de température est ainsi une fonction très simple du rapport entre la dépression tourbillonnaire D et l'épaisseur du tourbillon H.

Appliquons cela à un tourbillon à la surface du Soleil. Introduisant T = 6000° on trouve les dépressions de température suivantes, dont les plus grandes sont calculées par la formule logarithmique

$\frac{D}{H}$	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
ΔT	12°	120°	1100°	2000°	2700°	3300°	3800°

Le paradoxe des basses températures que présentent les taches solaires s'explique ainsi sans difficulté, y compris le paradoxe additionnel qu'on trouve les températures les plus basses dans des cavités de la surface du Soleil. On arrive à ces basses températures même avec une inclinaison très modérée de la pente dans la dépression. Elle n'excédera pas 1 : 10 si l'épaisseur H du tourbillon n'excède pas un dixième des dimensions horizontales du tourbillon.

Les vitesses qui correspondent à ces inclinaisons, à des distances différentes de l'axe d'un tourbillon, restent aussi très modérées pour les conditions dans le Soleil. Des vitesses d'une fraction de 1^{km} à 20^{km} par seconde suffiront amplement. On obtient l'image d'un tel tourbillon solaire en agrandissant 100 fois les dimensions horizontales et verticales d'un cyclone tropical, et en augmentant dans un rapport un peu plus petit les vitesses. Observons que, suivant l'explication que nous venons de donner, la basse température des taches solaires et les basses températures dans les cyclones terrestres sont des phénomènes analogues (1).

On a douté qu'une masse gazeuse comme le Soleil puisse avoir une surface libre, et l'on a essayé d'en expliquer l'apparence par une illusion d'optique. Mais la théorie que nous venons de développer restera valable si l'on suppose qu'il y a un changement rapide des densités des gaz solaires quand on passe de la photosphère à l'atmosphère solaire.

Une discussion plus complète de cette théorie tourbillonnaire des taches solaires paraîtra bientôt dans un autre Recueil.

---

(1) J.-W. Sandström, *Ueber die Beziehung zwischen Temperatur und Luftbewegung in der Atmosphäre unter stationären Verhältnissen* (*Öfversigt af K. Vetenskapsakademiens Handlingar*, Stockholm, 1901; *Meteorologische Zeitschrift*, 1902).

PHYSIQUE. — *Propagation d'ondes sonores courtes et de faible pression.* Note [1] de M. Th. Vautier.

Nous avons enregistré les passages à l'intérieur de la conduite du cours Gambetta d'ondes sonores produites par des étincelles ou des amorces de pistolet non seulement au moyen de microphones [2], mais encore en employant comme réceptrices des membranes en caoutchouc mince munies de petits miroirs et placées comme le microphone à 50^m de l'éclateur. L'une d'elles (n° 1) a été placée près du bord de la conduite à 10^{cm} et communiquait directement avec l'air libre; sur son centre reposait le bord d'un petit miroir collé sur un fil d'argent adhérant au porte-membrane par ses extrémités et dont la torsion assurait le contact; c'est le montage le plus sensible. L'autre membrane (n° 2), située au centre de la conduite, formait la paroi mobile d'une boîte cylindrique très plate communiquant avec l'extérieur par un petit orifice; elle était ainsi très amortie. Les amorces de pistolet nous ont aussi servi à rendre comparables les vitesses des ondes aux divers jours (*loc. cit.*). Ainsi que le montre le tableau suivant, les ondes d'étincelle de diverses puissances ont la même vitesse ($330^m,58$); celles des amorces aussi; on sait que le microphone nous a donné la même valeur : les résultats concordent malgré l'emploi de réceptrices aussi différentes :

Distance explosive.	W joules.	Vitesse moyenne.
	Membrane n° 1.	
28 mm	39,4	330,30 ± 0,04
5	13	59 ± 0,02
5	27	57 ± 0,03
	Membrane n° 2.	
27	37,9	330,58 ± 0,04
Vitesse des amorces de pistolet.		330,58

La membrane amortie ne donne pas de signaux assez nets pour les distances explosives inférieures.

La portée des ondes s'obtient à un parcours près en comptant, sur les

[1] Séance du 28 décembre 1925.

[2] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1055.

tracés dont nous avons déduit les vitesses, le nombre de passages visibles marqués par les signaux des membranes : celles-ci sont situées à 50^m de l'éclateur placé à l'origine de la conduite dont l'autre extrémité est fermée à $207^m,45$. Le tableau suivant indique les résultats obtenus pour les étincelles et pour les amorces de pistolet. Un téléphone oscillographe reçoit le courant amplifié des microphones.

Distance explosive.	Énergie en joules.	Nombre de passages.	Portée en mètres.	Nombre de réflexions.
	Deux microphones en parallèle.			
5 mm	8,5	7	1301	6
5	17	7	1301	6
5	34	9	1715	8
7,5	14	9	1715	8
10	19,6	9	1715	8
15	24,3	11	2130	10
20	33	13	2545	12
28	39,4	17	3375	16
30	41	17	3375	16
Amorces de pistolet.		21	4205	20
	Membrane nº 1.			
5	13	9	1715	8
5	27	13	2545	12
28	39,4	25	5035	24
Amorces de pistolet.		25	5035	24
	Membrane nº 2.			
27	37,9	13	2545	12
Amorces de pistolet.		15	2960	14
	Membrane nº 1.			
28	36,4	5	6616	4
Amorces de pistolet.		5	6616	5

L'oreille entend les étincelles de 28^{mm} après 4920^m et deux réflexions.

C'est surtout la distance explosive qui fait croître la portée; à même distance explosive elle augmente avec la puissance. La portée indiquée dans les deux dernières lignes se rapporte à des étincelles et amorces dont les ondes parcouraient la conduite dans toute sa longueur primitive, soit $1640^m,15$. Sur ce long parcours, aux mêmes distances explosives $d = 28^{mm}$ et même puissance 36 à 39 joules, la portée est de 6616^m avec 4 réflexions

au lieu de 5035^m et 24 réflexions sur la longueur réduite, la membrane réceptrice étant la même : ainsi quoique le nombre de réflexions soit 6 fois plus petit, la portée n'a augmenté que de 1581^m, soit 0,31. On voit combien l'onde est plus affaiblie par son trajet aérien que par ses réflexions. La membrane la plus sensible est celle dont le miroir est collé sur fil d'argent, même aux faibles puissances et distances explosives. On voit encore que les puissances des ondes d'amorces et celles des plus fortes étincelles estimées d'après leur portée ne diffèrent pas beaucoup : le microphone donne une portée de 3375^m pour l'étincelle $d = 28^{mm}$, $W = 39,4$ et 4205^m pour l'amorce, mais la membrane n° 1 plus sensible donne la même portée 5035^m pour les deux ondes.

La forme en V des signaux des microphones et des membranes ne peut être considérée comme étant exactement celle de l'onde; cependant nous avons cherché à en tirer parti pour la détermination approximative de l'amplitude et de la distance front-sommet. Avec la membrane très amortie, le rapport des amplitudes des passages de même sens (2 parcours et 2 réflexions), qui est de 0,5 pour le premier parcours, croît jusqu'à 0,75 pour les derniers. Le microphone et la membrane très amortie indiquent que pour les faibles puissances, la distance front-sommet atteint environ 1 millième de seconde et, pour les plus fortes, 3,5. Si, comme des expériences en cours nous le font croire, le sommet a atteint le quart de l'onde aux derniers parcours, l'onde aurait une durée de 4 à 14 millièmes de seconde, soit une longueur de $1^m,5$ à 5^m.

ATOMISTIQUE. — *Potentiel critique* K *du néon*. Note [1] de M. F. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

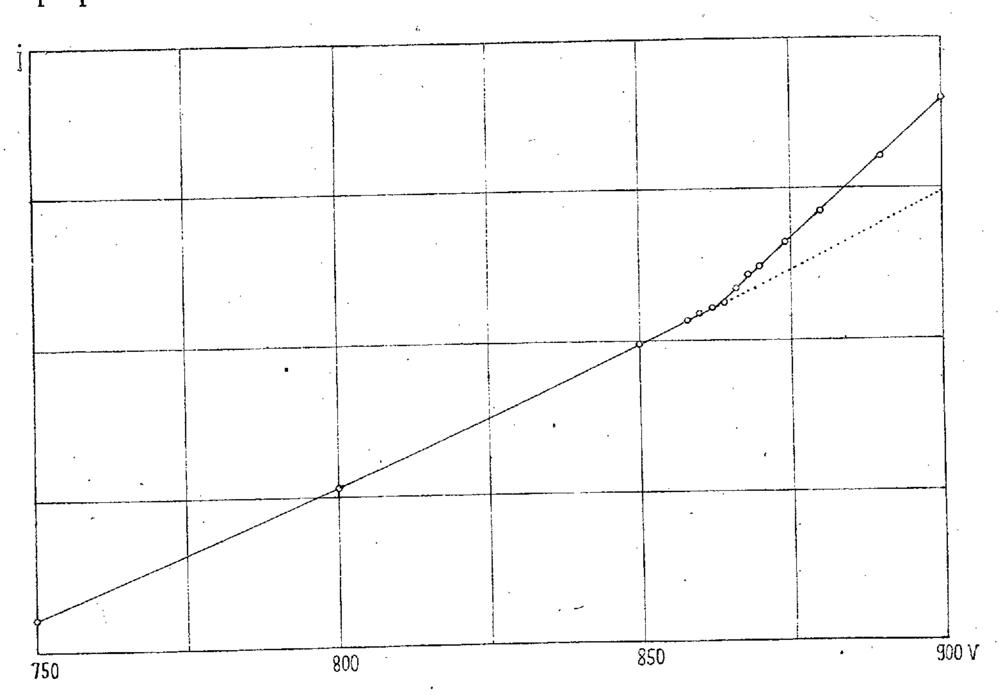
J'ai appliqué au néon la méthode décrite dans de précédentes Notes [2]. La pression de ce gaz à l'intérieur de l'électroscope était de 1^{mm} de mercure environ. Il se présentait ici une difficulté qui n'existait pas dans les précédentes mesures sur la série L entre 68 et 246 volts : la bande K du néon ayant une fréquence supérieure à celle du carbone, la répartition des longueurs d'onde dans le spectre continu de l'anode devait être perturbée par la filtration sélective de la feuille étanche de celluloïd, indispensable

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 266 et 658.

pour séparer le tube producteur de rayons de l'électroscope, Je n'ai pas trouvé de feuille métallique sans trou suffisamment mince (0,1 mg : cm²) pour remplacer ce film de celluloïd, mais on peut tourner la difficulté en superposant à une feuille de celluloïd étanche aussi mince que possible



(0,8.10⁻⁵ cm), un filtre non sélectif dans la région étudiée et relativement important; par exemple, une ou deux feuilles d'aluminium battu (0,18 mg : cm²).

La courbe $I = f(V)$ du courant d'ionisation en fonction de la différence de potentiel sous laquelle sont produits les rayons X présente une discontinuité très franche, ainsi que le montre la figure, pour 862 ± 3 volts (moyenne de six mesures); c'est le potentiel critique K. L'extrapolation, courte d'ailleurs, car il n'y a à franchir que le sodium, de la série K déterminée par la voie de la spectroscopie cristalline, donne un nombre en bon accord : 856 volts environ. La mesure directe est vraisemblablement plus précise.

RAYONS X. — *Détermination en valeur absolue des longueurs d'onde de rayons X au moyen d'un réseau par réflexion tracé sur verre.* Note [1] de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La spectroscopie des rayons X est basée sur la diffraction de ces radiations dans les milieux cristallisés qui fonctionnent comme de véritables réseaux, dont la constante, la distance réticulaire d, peut être calculée au moyen de certaines hypothèses dues à Bragg. Pour un cristal de sel gemme (M masse moléculaire de NaCl par rapport à l'hydrogène, m_0 masse absolue de l'atome d'hydrogène, ρ densité du cristal) par exemple, $d = \sqrt[3]{\frac{M m_0}{2\rho}}$ soit $d = 2{,}814$ Å. Pour la calcite Siegbahn adopte $d = 3.0283$ Å. La mesure directe de ces distances réticulaires (et par suite celle des longueurs d'onde) n'avait pu être obtenue.

1. Par ailleurs les radiations Röntgen possèdent un indice de réfraction μ, très voisin de l'unité ($\mu = 1 - \delta$) et on a pu observer leur réflexion totale sur divers miroirs pour des angles d'incidence θ très rasants, inférieurs à un angle limite de réflexion totale $\theta_m = \sqrt{2\delta}$.

Les radiations X ayant ainsi des propriétés optiques identiques à celles de la lumière ordinaire on peut songer à les diffracter au moyen de réseaux tracés sur verre, bien que l'écartement de traits minimum réalisable semble encore trop considérable pour obtenir la diffraction de longueurs d'onde de l'ordre de l'angström. Toutefois, en éclairant le réseau sous un angle θ très faible, la différence des chemins optiques des deux ondes reflechies par des éléments voisins du réseau peut devenir très petite et, dans ces conditions, on doit observer la diffraction des rayons X. Si, de plus, l'angle θ est lui-même inférieur à l'angle limite θ_m, il y aura *réflexion totale* et par suite le maximum d'intensité des faisceaux diffractés. Le $n^{\text{ième}}$ ordre de diffraction d'une longueur d'onde λ se produira sous l'angle α tel que

$$n\lambda = \frac{d}{2}\Delta\alpha, \qquad (1)$$

d étant la constante du réseau. C'est ce qu'ont observé Doan et A. H. Compton [2] sur les radiations du molybdène au moyen d'un réseau métallique.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *American Physical Society*, 1, novembre 1925, p. 6.

J'ai utilisé, pour la même étude, un tube démontable à anticathode de cuivre marchant au régime continu de 14 milliampères et 12^{cm} d'étincelle. Le pinceau utile, délimité par deux fentes (de $0^{mm},6$ à $0^{mm},1$), à 18^{cm} l'une de l'autre, tombe (*fig.* 1) sur un réseau plan sur verre de 200 traits au millimètre, n'ayant pas 4^{mm} de largeur afin de diminuer l'incertitude sur l'origine des faisceaux diffractés. Le réseau est monté sur un goniomètre très précis. Les temps de pose varient de 10 minutes à 2 heures pour D allant de 40 à 130^{cm}. On obtient très exactement (*fig.* 2) les phénomènes prévus : une tache

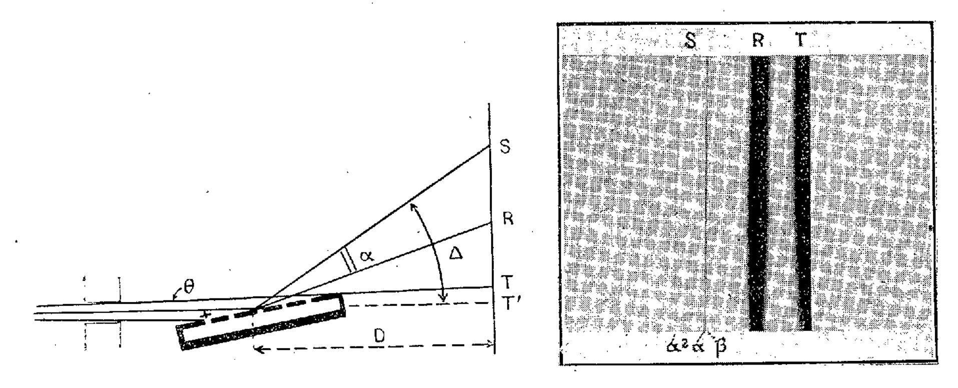


Fig. 1 Fig. 2.

centrale T due aux rayons directs; une tache R de réflexion totale, puis un spectre S de diffraction, remarquable par la finesse de ses raies. On observe les raies α et β de la série K du cuivre, puis les ordres successifs de $K\alpha$ qui ont été suivis jusqu'au 3°. Les raies de diffraction disparaissent d'ailleurs en même temps que la tache R de réflexion totale lorsque θ vient à dépasser l'angle limite.

2. Pour la plus grande dispersion utilisée ($D = 130^{cm}$) la raie $K\alpha$ apparaît à 14^{mm} de la tache centrale et son second ordre à 18^{mm}, distances suffisantes pour des mesures précises à la machine à diviser. L'ombre portée par le bord du miroir apportant une indétermination sur le zéro T' à adopter il est préférable de *calculer* θ à partir des mesures faites pour l'angle α sur les deux premiers ordres de la raie $K\alpha$. On obtient alors le produit $\Delta\alpha$ à moins de 1 p. 100 près : $\Delta\alpha = 61,6 \times 10^{-6}$. La constante du réseau, étudiée au microscope est $d = 5,00 \pm 0^{cm},01$. On détermine par suite, d'après (1), pour longueur d'onde le la raie $K\alpha$ Cu la valeur $\lambda = 1,540$ Å (à 1 p. 100 près) alors que la diffraction dans les cristaux et les valeurs admises pour leurs distances réticulaires fournissent $\lambda = 1,538$ Å. La concordance excellente de ces chiffres justifie les valeurs adoptées pour les distances réticulaires.

L'effet Compton ne paraît pas intervenir pour augmenter la longueur d'onde des radiations diffusées : la théorie prévoit d'ailleurs que cet accroissement, s'il se produisait, ne serait que du millionième d'angström pour l'angle Δ utilisé. Il n'en serait pas de même si Δ atteignait l'ordre du radium, ce que l'on observerait peut-être en essayant la réflexion totale et la diffraction des rayons X sur une face cristalline prise comme réseau par réflexion. On aurait là un moyen très simple pour l'étude de l'effet Compton.

3. On mesure donc par le même procédé et avec le même réseau les longueurs d'ondes optiques et celles des rayons X et la valeur *absolue* de ces dernières, de même que les valeurs attribuées aux constantes cristallines, reçoivent une confirmation définitive, qui ne faisait, du reste, que peu de doute.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographe à plaque non inclinée.* Note (1) de M. **Pierre Sève**, présentée par M. A. Cotton.

Pour construire un spectrographe donnant dans l'ultraviolet un spectre normal à l'axe de la chambre photographique, et éviter ainsi les inconvénients de l'inclinaison du châssis, on peut employer des lentilles achromatiques. Les lentilles quartz-fluorine sont parfaites; malheureusement il semble impossible actuellement de se procurer de la fluorine sans défaut, même en y mettant un prix élevé. On peut également utiliser des miroirs concaves métalliques, mais celui qui sert d'objectif doit avoir une grande ouverture si l'on désire un champ un peu étendu.

Le dispositif qui fait l'objet de cette Note et dont la figure ci-après donne le schéma permet d'obtenir le même résultat avec un seul miroir de faible ouverture et deux lentilles simples de quartz peu coûteuses.

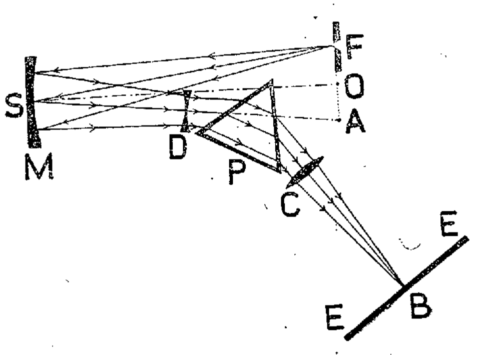
Un miroir concave M de sommet S et de centre O donne de la fente F une image réelle A parfaitement achromatique. Une lentille divergente de quartz D dont la distance focale pour la radiation moyenne est DA est interposée sur le faisceau qui converge en A. Elle le transforme pour cette radiation en un faisceau parallèle qui est dévié par le prisme P placé au minimum de déviation pour cette radiation moyenne.

Une lentille convergente C dont la puissance est égale en valeur absolue à celle de D donne de ce faisceau une image en B.

---

(1) Séance du 28 décembre 1925.

Les radiations de longueurs d'onde plus grandes ou plus petites donnent des images situées de part et d'autre de B. Les aberrations chromatiques des deux lentilles se compensant en première approximation, ces images sont sensiblement à la même distance de C et sont au point sur la plaque EE normale à CB.



J'ai fait l'essai de ce dispositif avec un miroir de verre platiné [1] de 150cm de rayon, un prisme de quartz et des lentilles de quartz de 45cm de distance focale et de 2cm,5 de diamètre utile. J'ai obtenu de cette façon des clichés du spectre d'arc du cuivre de 9cm de longueur environ et donnant les raies de ce métal comprises entre 5782 Å et 1979 Å avec une netteté très satisfaisante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés thermiques du soufre visqueux.* Note [2] de M. **P. Mondain Monval**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Parmi les propriétés physiques très diverses qui ont fait l'objet des nombreuses recherches relatives aux curieuses modifications du soufre liquide (viscosité, densité, solubilité, tension superficielle), il m'est apparu qu'il n'existe dans la littérature que des données tout à fait insuffisantes sur les propriétés thermiques du soufre visqueux. Je me suis efforcé de combler cette lacune et ce sont les résultats de mes recherches expérimentales : chaleurs spécifiques du soufre liquide et du soufre visqueux, chaleur de transformation de l'une en l'autre de ces deux modifications que je résume dans la présente Note.

---

(1) Le platinage a été effectué par M. Duffieux, par projection cathodique.

(2) Séance du 28 décembre 1925.

J'ai déterminé dans ce but les quantités de chaleur abandonnées par 1^g de soufre porté à une série de températures T (variant de 60 à 270° dans mes expériences) en se refroidissant jusqu'à la température ambiante, soit 15°, au sein d'un calorimètre.

Une masse connue (7^g,605) de soufre cristallisé dans le sulfure de carbone, scellée dans une ampoule en verre « Pyrex », était portée à la température convenable à l'intérieur d'une jaquette à air immergée dans un bain d'huile de vaseline chauffée. Elle était alors projetée, sans être à aucun moment en contact avec l'air extérieur, dans un calorimètre Berthelot séparé du bain d'huile par des écrans de carton d'amiante. Il importait d'éviter la trempe du soufre et la formation de soufre mou instable à la température ordinaire, fort mal défini au point de vue thermique et en proportions variables d'une expérience à l'autre; formation qui aurait été inévitable si le soufre chauffé au delà de 160° avait été mis brusquement au contact de l'eau froide du calorimètre. Aussi l'ampoule tombait-elle non pas dans l'eau, mais à l'intérieur d'un équipage flotteur en laiton que l'on refermait aussitôt et qui, muni d'ailettes, servait en même temps d'agitateur pour l'eau du calorimètre. L'ampoule et son contenu s'y refroidissaient en quelques minutes au-dessous de 160°. On ouvrait alors le flotteur et l'immergeant complètement permettait à l'eau le contact direct avec l'ampoule. La mesure calorimétrique était terminée à la façon habituelle. Le contenu de l'ampoule après l'opération a toujours présenté l'aspect jaune clair et opaque caractéristique du soufre orthorhombique.

L'ensemble de mes expériences a été effectué avec une même ampoule. Pourtant dans le graphique ci-après figurent trois déterminations à 148°, 191° et 208° relatives à une seconde ampoule contenant du soufre préalablement traité à l'ammoniaque et en renfermant encore quelques traces. On voit que l'influence de ce composé qui s'est montrée considérable sur la viscosité du soufre liquide est ici insensible.

Le graphique ci-après contient le résultat de mes mesures. T est la température centigrade à laquelle a été portée l'ampoule. $T - t^o$ est la chute de température qu'a subie le soufre en abandonnant q calories par gramme. Nous avons déterminé séparément la quantité de chaleur abandonnée par le verre de l'ampoule en effectuant une série de mesures analogues avec une ampoule vide en Pyrex provenant de la même canne.

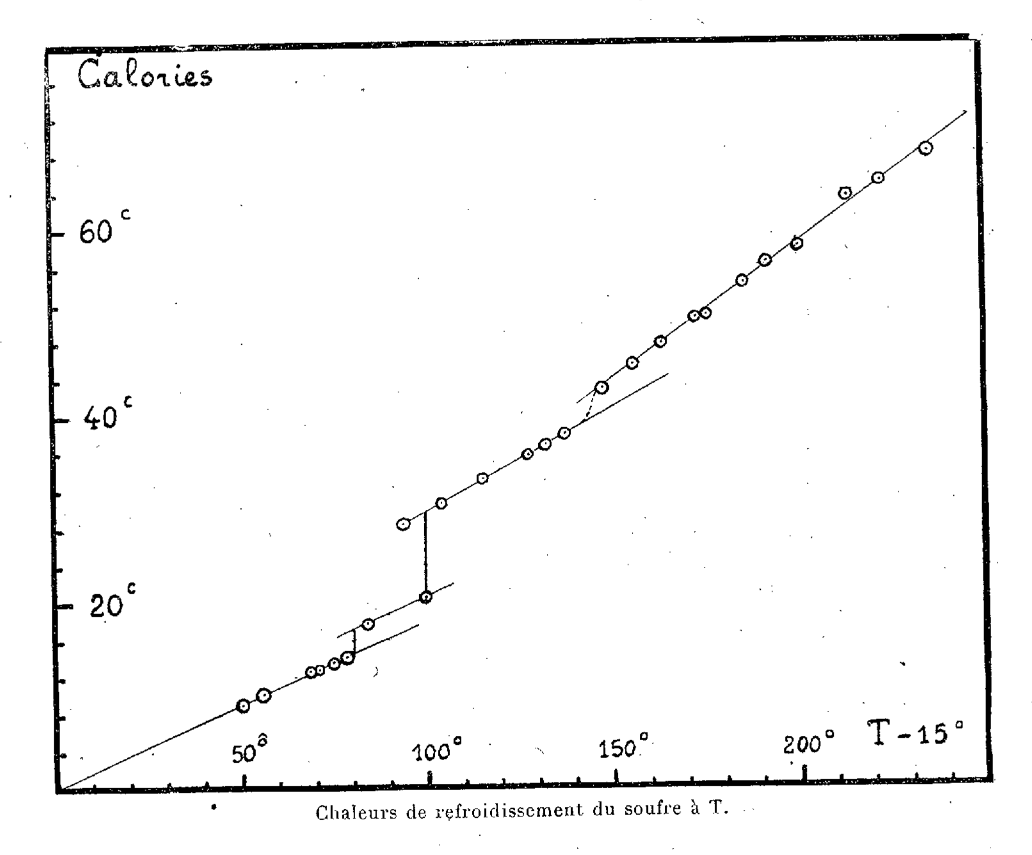
La courbe obtenue se compose de quatre branches correspondant respectivement au soufre orthorhombique, monoclinique, liquide et visqueux. La différence des ordonnées de deux points des courbes ayant même abscisse représente à l'échelle du diagramme la chaleur de transformation. On remarquera la discontinuité très nette vers $T - 15° = 145°$ soit $T = 160°$.

On voit que la transformation du soufre liquide en soufre visqueux vers 160° se fait avec une absorption de chaleur très notable qui correspond à $2^{cal},8 \pm 0^{cal},1$ par gramme [1].

---

[1] On sait qu'à cette température, le soufre liquide contient une certaine proportion de soufre insoluble qui s'accroît brusquement dès que l'on dépasse 160°.

Les chaleurs spécifiques moyennes des diverses variétés de soufre sont données par les pentes des droites tracées sur le diagramme qui représentent assez fidèlement l'ensemble de nos expériences. On obtient ainsi



Chaleurs de refroidissement du soufre à T.

pour le soufre orthorhombique 0,176, pour le soufre liquide 0,220 et pour le soufre visqueux 0,290, cette valeur différant légèrement des déterminations antérieures (¹).

Enfin la même construction graphique donne $2^{cal},7$ pour la transformation à 95° du soufre orthorhombique en soufre monoclinique et $9^{cal},3$ comme chaleur de fusion du soufre monoclinique.

(¹) Dussy, *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 305. — Lewis et Randall, *Journ. amer. chem. Soc.*, 33, 1911, p. 476.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *L'oxydation rapide des huiles siccatives et les anti-oxygènes.* Note de M. **F. Taradoire**, présentée par M. Charles Moureu.

1. L'exposition à l'air, du coton imbibé d'un mélange d'huile siccative, d'essence de térébenthine et d'un siccatif, produit à la température ordinaire un échauffement de la masse qui provoque ensuite son inflammation spontanée.

En comparant les indices d'iode des huiles siccatives dans les essais effectués (huiles de lin, d'œillette, de noix, de Chine, etc.) avec les durées d'exposition à l'air nécessaires pour atteindre l'inflammation, on a pu se rendre compte que ces durées d'exposition augmentent lorsque les indices d'iode diminuent.

Parmi les divers siccatifs employés (résinates de zinc, de fer, de manganèse et de plomb), le résinate de manganèse est celui qui a provoqué les inflammations les plus rapides.

Enfin la durée d'exposition à l'air nécessaire pour atteindre l'inflammation diminue à mesure que la température de l'air s'élève et que celui-ci circule plus rapidement autour des masses de coton.

Ces inflammations spontanées peuvent s'expliquer par l'oxydation rapide des huiles siccatives en présence des siccatifs. Ces mélanges, se trouvant répandus en couche mince sur les fibres du coton, offrent ainsi une grande surface de contact avec l'air, ce qui facilite l'action de l'oxygène. La chaleur, dégagée par l'oxydation de l'huile qui se trouve à l'intérieur de la masse, ne pouvant se dissiper par suite de la mauvaise conductibilité calorique des fibres, s'accumule peu à peu et contribue ainsi à augmenter la vitesse de la réaction d'oxydation.

En imbibant de l'amiante en floches, à l'aide du mélange d'huile de lin, d'essence de térébenthine et de siccatif au résinate de manganèse, on a pu constater que la température s'est élevée jusqu'à 300° en certains points de la masse.

Le coton chauffé seul vers 210°-220° prenant feu spontanément au contact de l'air, sous l'influence d'une transformation exothermique que subit la cellulose à cette température, l'oxydation rapide des huiles siccatives paraît avoir seulement pour effet de porter le coton vers 210°.

2. Des inflammations spontanées du coton des chiffons d'essuyage se produisant parfois dans les ateliers où l'on utilise des peintures, des vernis,

ou des produits entrant dans leur composition, ces essais ont été effectués dans le but de connaître les moyens à employer pour les éviter.

Ces inflammations paraissant provoquées par l'oxydation rapide des huiles siccatives, en empêchant cette oxydation ou en la ralentissant suffisamment de manière à éviter toute élévation rapide de température, on devait pouvoir éviter ces accidents.

Ceci a conduit à rechercher si en particulier les corps que MM. Moureu et Dufraisse ont désigné sous le nom d'antioxygènes ne seraient pas capables, comme ils le font vis-à-vis de tant d'autres matières oxydables étudiées par ces auteurs, d'empêcher l'oxydation des huiles siccatives mélangées aux chiffons d'essuyage. Dans ce but on a utilisé des produits organiques et du soufre pulvérisé, que l'on a incorporés au coton imbibé du mélange d'huile, d'essence de térébenthine et de siccatif, avant son exposition à l'air.

Parmi les composés organiques on a employé des phénols, des amines, des dérivés nitrés, ainsi que des produits divers, mais toujours en petite quantité : 1^{g} dans 100^{g} de coton imbibé. On a trouvé dans ces conditions, que certains corps tels que : phénol, β-naphtol, hydroquinone, ont seulement retardé l'inflammation, tandis que d'autres corps, tels que : gaïacol, α-naphtol, aniline, diméthylaniline, diphénylamine, quinhydrone, hexaméthylène-tétramine, ont empêché l'inflammation.

L'emploi des dérivés nitrés des phénols et des amines n'a pas empêché l'inflammation, mais a montré seulement que l'augmentation du nombre des groupements nitrés dans la molécule diminuait l'action antioxygène de ces corps, les dérivés trinitrés ne possédant, par exemple, aucune activité.

En utilisant le soufre pulvérisé en quantité suffisante (2^{g} dans 100^{g} de coton imbibé), il ne s'est produit aucune inflammation spontanée, mais on a pu remarquer, dans ce cas, un échauffement des masses exposées à l'air. La température s'est élevée jusque vers 100°, puis elle est redescendue lentement, sans que l'inflammation se produise, le coton n'ayant pas été porté à la température minima nécessaire (210°-220°) pour provoquer son inflammation spontanée.

Ces variations de température des masses de coton imbibées, contenant du soufre et exposées à l'air, montrent qu'à la température ordinaire le soufre n'empêche pas l'oxydation des huiles siccatives et paraît par suite inactif. A mesure que la température s'élève, il acquiert vers 100° des propriétés antioxygènes et arrête la réaction, ce qui provoque la chute de température constatée.

Ces résultats viennent à l'appui de l'opinion émise par MM. Moureu et Dufraisse (¹) sur l'inertie chimique présentée par le soufre à la température ordinaire et l'action antioxygène plus sensible qu'il doit exercer lorsque la température s'élève.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse complète du thymol à partir de l'alcool isopropylique.* Note de MM. **L. Bert** et **P.-Ch. Dorier**, présentée par M. Ch. Moureu.

On n'a réalisé jusqu'ici que des synthèses partielles du thymol, en partant : 1° de l'aldéhyde paracuminique (Widmann); 2° de l'acide métacrésotinique (Béhal et Tiffeneau); 3° de la dibromomenthone (Beckmann et Eickelberg); 4° du menthol (Brunel); 5° du paracymène (Max Philipps).

L'un de nous (²) ayant réussi à obtenir avec de bons rendements du paracymène et de l'aldéhyde paracuminique à partir de l'alcool isopropylique, la synthèse complète du thymol à partir de cet alcool se trouvait par cela même effectuée, grâce aux résultats acquis par Widmann et Philipps. Nous avons atteint le même but par la méthode nouvelle que nous allons exposer :

L'alcool isopropylique est transformé en bromure d'isopropyle et celui-ci en cumène par condensation avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium. Le cumène, traité par le formol et le gaz chlorhydrique, en présence de chlorure de zinc donne du chlorure de cumyle (³), dont le dérivé magnésien fournit, par action de l'eau, du paracymène, que l'acide nitrique convertit en nitro-2-*p*-cymène. La réduction par le fer et l'acide chlorhydrique de ce dérivé nitré donne l'amino-2-*p*-cymène, que l'action successive de l'anhydride acétique et du brome transforme en acétylamino-2-bromo-5-*p*-cymène (⁴). La saponification de ce dérivé fournit l'amino-2-bromo-5-*p*-cymène dont le chlorhydrate, diazoté par la méthode

(¹) *Bulletin de la Société chimique*, 4ᵉ série, t. 35, p. 1074.

(²) L. Bert, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 37, 1925, p. 1252 et 1397.

(³) G. Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 33, 1923, p. 313.

Le même traitement, appliqué à un alcoylbenzène quelconque, y introduit le groupement CH^2Cl en para par rapport à l'alcoyle; en faisant le magnésien du dérivé chlorométhylénique obtenu, on prépare aisément par action de l'eau le paraméthylalcoylbenzène correspondant.

(⁴) Wheeler et Smithey, *Am. chem. Soc.*, 43, 1921, p. 2611, et 47, 1925, p. 178.

de Hantzsch [1], donne le chlorure de bromo-5-*p*-cymène diazonium, qui, chauffé avec l'alcool absolu, engendre le bromo-5-*p*-cymène dont le dérivé magnésien, traité par l'oxygène, conduit, après action de l'eau, au thymol attendu.

Le tableau suivant, dans lequel les chiffres placés au-dessous des flèches indiquent les rendements pour 100 des opérations sucessives, schématise la série des réactions précédentes :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CHOH \xrightarrow[89]{HBr} \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CHBr \xrightarrow[75]{C^6H^6 + AlCl^3} C^6H^5—CH(CH^3)^2$$

$$\xrightarrow[75]{CH^2O + HCl + ZnCl^2} \begin{matrix}CH^2Cl\\ \bigcirc \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[75]{Mg + (C^2H^5)^2O} \begin{matrix}CH^2MgCl\\ \bigcirc \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[75]{H^2O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc \\ CH(CH^3)^2\end{matrix}$$

$$\xrightarrow[50]{NO^3H} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,NO^2 \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[90]{Fe + HCl} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,NH^2 \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[95]{(CH^3CO)^2O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,NH.COCH^3 \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[95]{Br} \begin{matrix}CH^3\\ Br\,\bigcirc\,NH.COCH^3 \\ CH(CH^3)^2\end{matrix}$$

$$\xrightarrow[85]{HCl} \begin{matrix}CH^3\\ Br\,\bigcirc\,NH^2.HCl \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[87]{C^5H^{11}NO^2} \begin{matrix}CH^3\\ Br\,\bigcirc\,N \equiv N \\ \quad Cl \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[90]{C^2H^6O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,Br \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[70]{Mg + (C^2H^5)^2O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,MgBr \\ CH(CH^3)^2\end{matrix}$$

$$\xrightarrow[20]{O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,MgOBr \\ CH(CH^3)^2\end{matrix} \xrightarrow[20]{H^2O} \begin{matrix}CH^3\\ \bigcirc\,OH \\ CH(CH^3)^2\end{matrix}$$

Le phénol synthétique obtenu possède toutes les propriétés du thymol naturel.

---

(1) Hantzsch et Jochem, *D. ch. G.*, 34, 1901, p. 3337.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons hétérocycliques renfermant de l'iode ou du brome pentavalent.* Note (¹) de M. G. **Hugel**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'orthophénylènediamine est très facilement oxydable. Ainsi les oxydants peu énergiques comme le chlorure ferrique l'oxydent déjà à froid en 2.3-diaminophénazine. Celle-ci résulte de la soudure de deux noyaux d'orthophénylènediamine. Il nous a été possible d'isoler des produits intermédiaires avec l'acide iodique comme oxydant.

En mélangeant des solutions aqueuses froides d'orthophénylènediamine ($\frac{1}{100}$ de molécule) et d'acide iodique ($\frac{1}{100}$ de molécule), il se forme instantanément en une réaction exothermique un précipité noir amorphe, très peu soluble (avec une coloration jaune brun) dans presque tous les solvants. Il répond à la composition de 1^{mol} d'orthophénylènediamine plus 1^{mol} d'acide iodique moins 2^{mol} d'eau.

La formation de cette combinaison s'explique vraisemblablement par la grande tendance de l'orthophénylènediamine à former des cycles. Elle serait tout à fait analogue à l'action des orthodicétones sur l'orthophénylènediamine qui mène aux quinoxalines, de l'acide sulfureux et sélénieux, qui forment des piazthiols et piasélénols. On peut alors admettre dans cette nouvelle substance un cycle penta-atomique, où il entre 2^{at} de carbone, 2^{at} d'azote et 1^{at} d'iode (²). Cet exemple constituerait le premier cas d'un atome d'iode polyvalent entrant comme constituant dans un cycle.

Nous appellerons cette substance, par analogie avec le piazthiol *hydroxyde de piaziodonium*.

C'est une base très faible, et ne forme effectivement pas de sel asion acides forts et dilués, à l'exception de l'acide iodhydrique. Déjà en s+ KI), (aqueuse) très diluée, il y a, en présence de cet acide (H^2SO orphe, qui instantanément transformation en un autre composé, noỳ6-55°, change devient cristallin à 30°. Cette suspension, chauffée vssi moins soluble d'aspect une deuxième fois, devient plus verdâtre

(¹) Séance du 2 décembre 1925.

(²) D'après la formule

N — OH.

dans le milieu, car la solution surnageante apparaît beaucoup moins colorée. Le composé amorphe répond à la composition d'un produit d'addition équimoléculaire avec l'acide iodhydrique. Le deuxième précipité cristallin contient une molécule d'eau en moins.

Les deux formules suivantes en tiennent compte :

— N
⟩I — I, H^2O et — N ⟩I — I
— N — N

Si, par contre, on élève la température jusqu'à l'ébullition, il y a départ d'iode et l'on obtient, par refroidissement, des composés bien cristallisés vert métallique qui sont déjà des produits de transformation, qui dérivent de la 2.3-diaminophénazine et de la 2.3-oxyaminophénazine.

Cette nouvelle réaction de l'acide iodique n'est pas limitée à la seule orthophénylènediamine. D'une part, elle s'étend à d'autres orthodiamines aromatiques comme, par exemple, la 2.3-diaminophénazine elle-même, ce qui conduit au composé

— N = — N
⟩I — OH
— N = — N

et puis à l'orthoaminodiphénylamine. Le dernier cas est particulièrement intéressant parce qu'il existe dans cette molécule deux fonctions basiques par rapport à l'acide iodhydrique :

N
‖
HO — N = I — OH
|
C^6H^5

d'abord la fonction ammonium qui forme très facilement un iodhydrate (cristaux vert métallique) :

N
‖
I — N I — OH
|
C^6H^5

Il y a ensuite la fonction iodonium qui n'entre plus que très difficilement en réaction. Il faut travailler en milieu d'acide sulfurique presque concentré en présence de beaucoup de KI (l'acide sulfurique concentré doit être dilué avec une quantité d'eau telle que l'oxydation de HI est tout juste évitée) (cristaux bleu noir métallique) :

$$\mathrm{I - N(C^6H^5) = I(=N) - I}$$

L'acide bromique permet une nouvelle application de cette réaction, mais pas l'acide chlorique. Nous avons isolé et caractérisé le composé entre l'orthoaminodiphénylamine et l'acide bromique (cristaux vert métallique) :

$$\mathrm{HO - N(C^6H^5) = Br(=N)OH}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition des aldéhydes trisubstituées en cétones disubstituées*. Note (¹) de MM. **Oréкhoff** et **Tiffeneau**, présentée par M. A. Béhal.

A côté de la *transposition rétropinacolique*, dans laquelle les alcools secondaires dissymétriquement substitués sont transformés en carbures éthyléniques symétriques :

$$\mathrm{RRRC.CHOH \cdot R'} \xrightarrow{-H^2O} \mathrm{RRC = CRR'},$$

on peut ranger une *transposition nouvelle* qui consiste dans la transformation

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

des aldéhydes trisubstituées en cétones d'un type moins dissymétrique :

$$(RRR)C-CHO \rightarrow (RR)CH-CO-R.$$

Cette transposition, qui se produit vraisemblablement dans la plupart des réactions de déshydratation des glycols trisubstitués étudiées en série cyclique par divers auteurs et par nous-mêmes, a été signalée pour la première fois par Daniloff (¹) dans le cas de la triphénylacétaldéhyde

$$(C^6H^5)^3C-CHO \rightarrow (C^6H^5)^2CH-CO-C^6H^5.$$

Toutefois, dans cette réaction, les trois radicaux étant identiques, la migration est nécessairement phénylique; aussi ne pouvons-nous en tirer aucun renseignement sur les rapports entre les aptitudes migratrices et les capacités affinitaires de ces radicaux.

C'est dans ce but que nous avons étudié quelques aryldialcoyl- et alcoyldiarylacétaldéhydes ; ces aldéhydes nous intéressaient tout spécialement à cause de leur formation intermédiaire probable dans la déshydratation, par SO^4H^2 concentré, des arylglycols trisubstitués, déshydratation que nous avions jusqu'ici considérée comme s'effectuant suivant le type semi-pinacolique, alors que, initialement du moins, elle s'effectue, croyons-nous, suivant le type semihydrobenzoïnique.

Ces aldéhydes, soumises à la température ordinaire à l'action de SO^4H^2 concentré dans lequel elles se dissolvent, fournissent, après décomposition par l'eau glacée, les cétones isomères provenant de la migration de l'un des radicaux substituants. Comme on le verra ci-après, ces migrations sont variables suivant la nature de l'aldéhyde considérée.

La *diphénylméthylacétaldéhyde* ne donne qu'un seul produit de transposition : la méthyldésoxybenzoïne, résultant de la migration exclusive du phényle

$$CH^3(C^6H^5)^2.C.CHO \rightarrow CH^3(C^6H^5).CH.CO.C^6H^5.$$

La *diphényléthylacétaldéhyde* fournit deux produits de transposition : l'éthyldésoxybenzoïne (environ $\frac{2}{3}$) et la diphénylbutanone ($\frac{1}{3}$); il y a donc eu migration de l'éthyle et du phényle, mais avec prédominance migratrice du phényle :

$$(C^6H^5)^2.CH.CO.C^2H^5 \leftarrow C^2H^5(C^6H^5)^2.C.CHO \rightarrow C^2H^5(C^6H^5).CH.CO.C^6H^5.$$

La *diméthylphénylacétaldéhyde* ne fournit qu'un seul produit de transposition, la phényl-2-butanone-3, c'est-à-dire avec migration exclusive du méthyle :

$$C^6H^5(CH^3)^2.C.CHO \rightarrow C^6H^5(CH^3)CH.CO.CH^3.$$

(¹) Daniloff, *J. Soc. Ch. russe*, 49, 1917, p. 282; 51, 1919, p. 97.

Avec la *diéthylphénylacétaldéhyde* on n'obtient de même qu'un seul produit de transposition, la phényl-3-hexanone-4, ce qui indique une migration exclusive de l'éthyle.

Ces résultats montrent que les aptitudes migratrices des quelques radicaux envisagés varient avec la nature et le nombre des substituants; toutefois les cas étudiés ne sont pas encore assez nombreux pour tirer des conclusions concernant les rapports de ces aptitudes avec les capacités affinitaires.

D'autre part, on constate que les produits de transposition de ces aldéhydes trisubstituées sont exactement les mêmes que ceux fournis par la déshydratation sulfurique (SO^4H^2 concentré) des glycols dont ces aldéhydes dérivent.

Il en résulte que les transpositions avec formation de cétones, observées dans l'action de SO^4H^2 concentré sur les aryldialcoylglycols et sur les alcoylhydrobenzoïnes [1] n'appartiendraient pas au type semipinacolique; elles résulteraient d'un double processus migrateur : 1° *migration phénylique* avec transformation de ces glycols en aldéhydes trisubstituées (par élimination exclusive de l'oxhydryle tertiaire); 2° *migration variable phénylique ou alcoylique*, dans la transformation de ces aldéhydes en cétones.

En ce qui concerne le mécanisme de cette transposition nous ne pouvons faire que des hypothèses.

Toutefois nous ne croyons pas qu'il s'agisse d'un simple échange entre l'hydrogène aldéhydique et le radical migrateur, car, dans le cas de la triphénylacétaldéhyde, étudié par un de nos collaborateurs, M. Lagrave, la chaleur, loin de favoriser cet échange, scinde l'aldéhyde en CO et triphénylméthane. Il y aurait plutôt addition de SO^4H^2 avec formation d'un sulfate halochrome $R^3C.CHOH.SO^4H$ dans lequel la perte d'eau déclancherait le processus migrateur

$$RRR.C.\boxed{CHOH}.SO^4H \xrightarrow{-H^2O} RRR.C.\overset{\|}{C}.SO^4H \rightarrow RR.C.C(SO^4H)R.$$

L'hydrolyse, par l'eau glacée, du sulfate vinylique ainsi formé fournirait la cétone RR.CH.CO.R.

---

(1) TIFFENEAU, ORÉKHOFF et Mlle LÉVY, *Bull. Soc. chim.*, 29, 1921, p. 422, 809; 31, 1922, p. 253; 33, 1923, p. 195, 735.

GÉOLOGIE — *Sur la présence de Clyménies et l'extension du Dévonien supérieur dans le sud-est du Massif Armoricain.* Note (¹) de M. **Joseph Péneau.**

Les recherches géologiques que je poursuis dans le sud-est du Massif Armoricain m'ont permis d'y découvrir plusieurs gisements de Dévonien supérieur jusqu'ici méconnus.

J'ai aussi été assez heureux pour vérifier l'existence de cet étage autour de Saint-Julien-de-Vouvantes, où M. Ch. Barrois l'avait signalé, avec quelques réserves, en 1889; l'âge peut maintenant être précisé par des fossiles caractéristiques. A Saint-Julien-de-Vouvantes, les couches terminales du Dévonien se présentent comme suit, de haut en bas :

(3) { Arkose grossière, jaunâtre, de composition hétérogène (feldspath altéré, schistes, grès).
Schistes argileux, tourmentés, intercalés de bancs gréseux. }

(Épaisseur des deux formations, ensemble, 15ᵐ environ).

(2) Schistes gris ou jaunes, argileux, micacés, avec petits lits d'un grès argileux très fin; lits gréseux qui peuvent être remplacés par des nodules argileux-siliceux (épaisseur, 15ᵐ environ).

(1) Calcaire compact gris ou bleuâtre (environ 8ᵐ).

L'ensemble dessine un petit pli synclinal, orienté NE-SO; faillé au centre et à flanc sud-est incomplet.

Le calcaire (1) contient en abondance plusieurs formes de *Tentaculites* (*T. typus* Richter, *T. tenuicinctus* Rœmer, *T. sulcatus* Rœmer, etc.), formes décrites du Dévonien supérieur et permettant de considérer ces calcaires comme équivalents des calcaires à Tentaculites de Pologne (*Frasnien* supérieur).

Les schistes (2) contiennent, soit dans des petits bancs gréso-argileux, soit dans des nodules, une faune caractéristique : *Phacops griffithides* Rud. et E. Richter; *Drevermannia Schmidti* Rud. et E. Richter; *Typhlaprœtus subcarinthiacus* Rud. et E. Richter; *Lævigites lævigatus* Münster; *Aganides subsulcatus* Münster; *Sporadoceras; Posidonomya venusta* Münster, etc.

Lævigites lævigatus est la première Clyménie découverte dans le Massif Armoricain; elle ne laisse plus de doute sur l'âge de ces *Schistes à nodules* de Saint-Julien-de-Vouvantes, qui est Famennien supérieur; c'est la zone V

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

de l'échelle établie en Thuringe et Franconie par Schindewolf et Wedekind. Tous les Trilobites qui accompagnent *Cl. lævigata* dans l'ouest de la France se trouvent de même avec elle en Europe centrale.

Clyménies, Goniatites et Trilobites sont cantonnés dans certains lits, mais dans l'ensemble des schistes (2), on trouve de nombreux Ostracodes, la plupart du genre *Richterina* Gurich, de plusieurs espèces, voisines sinon identiques à *R. minutissima* Rzehak, *B. moravica* Rzehak, *R. striatula* Rem. Richter, décrites des Calcaires à Clyménies de Brunn ou de Saafeld.

Entre le gisement ci-dessus de Saint-Julien-de-Vouvantes et la ville d'Angers, sur une distance NE-SW de cinquante kilomètres s'échelonnent plusieurs lentilles calcaires d'âges variés, quelques-unes sont dévoniennes supérieures comme Saint-Julien-de-Vouvantes. Je citerai ici les deux suivantes :

1° Au sud-ouest de Vern-d'Anjou (Maine-et-Loire), une lentille orientée NE-SW fournit en abondance tous les *Tentaculites* cités plus haut, et ce calcaire est, là aussi, subordonné à des schistes à *Richterina* du niveau des Clyménies; ces calcaires et schistes du Dévonien supérieur de Vern n'étaient pas distingués du Dévonien inférieur avec lequel ils voisinent.

Les mêmes *Tentaculites* se retrouvent plus à l'Est encore, à quelques kilomètres d'Angers près La Meignanne où jusqu'à présent on n'a cru voir que du Gothlandien.

Les gisements de La Meignanne recèlent bien des Calcaires et Ampélites gothlandiens avec faune typique à *Cardiola interrupta*, mais les niveaux à *Tentaculites* s'en distinguent par leur nature et par leur faune.

Ce gisement de La Meignanne montre le Calcaire à *Tentaculites* orienté comme les gisements de Vern et de Saint-Julien, NE-SO; en outre il est ici précédé et surmonté de Schistes dans lesquels alternent des bancs calcaires; celui-ci se forma graduellement, avec récurrences du facies schisteux, et cessa de même; les *Tentaculites* existent dans la lentille centrale et dans les bandes intercalées dans les Schistes.

Nous développerons dans un Mémoire plus étendu la faune du Dévonien supérieur de cette région; la présente Note fait seulement connaître les deux faits nouveaux suivants :

1° Présence de Clyménies du groupe de *Cl. lævigata* dans le Massif Armoricain;

2° Grande extension du Frasnien et du Famennien marins dans l'extrémité orientale du pli d'Angers-Saint-Julien-de-Vouvantes.

D'où il ressort que la grande transgression qui se produisit en Europe à

l'époque des couches à *Clymenia annulata* et à *Cl. lævigata* a atteint le Sud-Est du Massif Armoricain; on savait déjà que la faune à Clyménies existe dans le sud du Morvan (Michel Lévy).

HYDROGÉOLOGIE — *Sur l'abîme Bertarelli (Istrie) profond de* 430^{m}. Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Pierre Termier.

De 1922 à 1925 les spéléologues italiens de Trieste ont exploré le plus profond abîme naturel (430^{m}) visité à ce jour.

A 33^{km} sud-est de Trieste et 9^{km} nord-est de Pinguente, près de Raspo-en-Cicceria (Istrie), on appelait Grotta Della Marna son orifice (alt. 695^{m}), ouvert dans les marnes de l'Éocène moyen. Sur 50^{m} d'épaisseur ces marnes ont été perforées, en caverne déclive, dans une *doline* d'absorption, creusée par trois cours d'eau, jadis plus importants que maintenant. Au delà, six puits verticaux étroits sont superposés dans le calcaire nummulitique; le second mesure 130^{m} à pic. Ils ont mené, à 345^{m} sous terre (1er-2 nov. 1924) dans une galerie en pente, resserrée, très sinueuse, haute de 6 à 10^{m}, où coule un ruisseau souterrain. D'autres cheminées affluentes débouchent dans ses voûtes.

Au bout de 360^{m} la galerie était obstruée par un éboulis à 381^{m} de profondeur et 314^{m} d'altitude. L'entreprise dura 33 heures et le gouffre fut rebaptisé abîme Bertarelli. Le 24 août 1925, une nouvelle expédition eut la surprise de trouver l'éboulis disparu, emporté par quelque crue souterraine. On put descendre 200^{m} plus loin et 49^{m} plus bas, à 430^{m} de profondeur (alt. 265^{m}). Un petit bassin d'eau siphonnant (voûte mouillante) arrêta la recherche. Pendant l'exploration, un orage formidable s'abattit sur la région et précipita, durant 3 heures, dans le gouffre des torrents d'eau *tournoyante* qui bloquèrent l'orifice du grand puits : deux aides (de Raspo) furent emportés et tués (corps retrouvés à 250^{m} sous terre). Les opérateurs de la grotte supérieure, arrachés de leur poste par la cataracte, se raccrochèrent aux rocs et aux cordages (à 60^{m} de profondeur). Les huit autres, occupés au fond, faillirent être noyés ou assommés sous l'engouffrement. On ne put les extraire vivants qu'au bout de deux jours, après la décrue.

J'ajouterai que la perforation des marnes superficielles rappelle celles que j'ai souvent trouvées aux avens des Causses, à la grotte de Pène-Blanque (Haute-Garonne), dans la montagne de Reims, en Belgique, etc.

L'abîme n'aboutit pas à l'hypothétique « niveau hydrostatique » ou *Grund*

Wasser du Carso, mais à de véritables drains souterrains. La résurgence des eaux doit se trouver dans la vallée de la Fiumera, en amont de Pinguente, entre 50 et 200^m d'altitude, à 10^{km} au Sud-Ouest. Le plan des galeries démontre que celles-ci sont pratiquées aux dépens des cassures préexistantes du calcaire, comme dans toutes les rivières souterraines. Dès 1924, on constata que ces galeries sont creusées dans le calcaire bitumineux fétide, très dur, de l'étage liburnien. Au point de vue tectonique, on savait déjà que toute l'Istrie est fortement plissée : le calcaire à nummulites s'abaisse jusque vers 150^m à Pinguente ; le Turonien des *Monti della Verna* se redresse à 1037^m, à 2^{km} au nord-est du gouffre et, entre ces deux derniers points, le calcaire liburnien affleure sur 400^m de largeur. Comme la coupe de l'abîme révèle 50^m de marnes éocènes, 295^m de calcaire nummulitique et 85^m de calcaire liburnien, la forme synclinale se trouve nettement confirmée sous terre. D'autre part, à 19^{km} au sud de Pinguente, et à 25 au sud-ouest de Raspo, la fameuse Foiba de Pisino, après avoir coulé sur les marnes de l'Éocène moyen, se perd (à 190^m) dans un autre synclinal crétacé (qui se redresse aussitôt à 450^m) au fond d'un gouffre à lac souterrain siphonnant que j'ai exploré et décrit en 1893 et 1896 [1]. Il est donc vraisemblable qu'au delà du siphon d'arrêt actuel de l'abîme Bertarelli un anticlinal crétacé se retrouvera de même du côté de sa résurgence. La tragique exploration des 24-26 août a confirmé, par la preuve matérielle, les notions suivantes que j'ai exposées depuis 1888 : les abîmes du Carso (tout comme les Pot Holes d'Angleterre et les Katavothres du Péloponèse) fonctionnent encore quant à l'absorption des pluies, et ne sont pas *morts ;* il n'y a donc pas lieu de classer ces gouffres en type méditerranéen (inactifs), et type septentrional (actifs). Leur formation est bien due à la fissuration préexistante et à l'érosion tourbillonnaire de haut en bas, qui a été *vue* à l'œuvre ces jours-là. Au contact des assises imperméables, la descente verticale (par puits) de percolations est remplacée par des chutes en échelons (réseaux de galeries). Ces réseaux existent au-dessus des vallées voisines de drainage et remplacent l'imaginaire nappe de fond. Les bouchons de débris, éboulis, etc. ne forment pas les vrais fonds des avens, et les désobstructions seraient parfois possibles. Les siphonnements constituent les réels obstacles et, en général, les sommets des réservoirs qui s'étendent à l'aval jusqu'aux résurgences (Pisino, Padirac, rivières souterraines et abîmes de tous pays calcaires).

---

(1) *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 1333.

Enfin, il y a lieu de rappeler qu'en France existe un gouffre probablement plus profond (peut-être 500^{m}), le Chourun-Martin du Dévoluy, où en 1899 je n'ai pu descendre qu'à 70^{m} (1). Si l'on avait réussi à l'explorer, on y aurait trouvé sans doute le réseau des drains souterrains des grosses fontaines des Gillardes que l'on cherche à atteindre actuellement par des tunnels coûteux, en vue d'une utilisation industrielle de force motrice hydraulique.

LITHOLOGIE. — *Les enclaves et les cendres de Fouqué Kameni.* Note (2) de M. Const.-A. Kténas.

Tandis que l'éruption actuelle de Santorin se rapproche beaucoup de celle de 1866 par la constitution de ses laves (3) et de leurs enclaves, elle en diffère par la nature des cendres rejetées.

Les enclaves sont enveloppées aussi bien dans la lave épanchée que dans les bombes et les blocs. J'en ai recueilli sur le champ de laves nouvelles, d'autres projetées en blocs indépendants lors des explosions paroxysmales; leur diamètre peut dépasser 20^{cm}.

Les échantillons examinés appartiennent au groupe des enclaves *homœogènes plésiomorphes antilogues*. Une seule fois j'ai rencontré une enclave *homæogène allomorphe* (4).

Les premières sont grises, d'un gris brunâtre ou noires, à structure grenue ou porphyritique. Elles présentent une texture miarolitique, parfois avec de cavités bulleuses affectant 3-4^{mm}. L'enclave allomorphe, à grain moyen, est plus leucocrate; sa constitution rappelle celle d'un gabbro à olivine. La roche englobante appartient, le plus souvent au type ordinaire de dacitoïde à pâte obsidiennique ou mi-ponceuse. Le caractère commun de toutes les enclaves, c'est que l'augite existe presque seule en fait de métasilicate et que le plagioclase est très basique.

Suivant les échantillons, l'*augite* forme de grands cristaux allongés, ou bien se présente dans deux générations. Elle englobe parfois ophitiquement les cristaux de plagioclase. L'*hypersthène* n'apparaît que parmi les microlites. La *magnétite titani-*

---

(1) *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 1041.

(2) Séance du 28 décembre 1925.

(3) A. Lacroix et Const.-A.-Kténas, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 893.

(4) J'emploie la nomenclature classique de M. A. Lacroix : *La Montagne Pelée*, Paris, 1904, p. 536.

fère est très abondante. L'*olivine* qui ne se trouve que très rarement dans les laves, est fréquente dans les enclaves. Parmi les plagioclases la *bytownite* domine (extinctions maxima dans la zone de symétrie = 36-40°; densité du plagioclase de l'enclave allomorphe = 2,736-2,748), mais avec des alternances de zones de *labrador*. Dans les enclaves plésiomorphes, les cristaux feldspathiques et pyroxéniques sont, très souvent, enchevêtrés au sein d'un *verre*, dont la proportion varie d'un échantillon à l'autre.

La constitution minéralogique des enclaves plésiomorphes n'a pas présenté de variations au cours du premier trimestre de l'activité volcanique.

Les cendres rejetées depuis le début de l'éruption possèdent, également, une constitution qualitative constante; elles ne diffèrent les unes des autres que par la proportion relative de leurs éléments constituants.

A la constitution des cendres prennent part : 1° Des fragments anguleux de lave, le plus souvent à pâte mi-ponceuse. Ces fragments proviennent du concassage du matériel du dôme, ainsi que le prouve l'examen de grands blocs projetés à l'état solide. 2° Des phénocristaux ou leurs débris. 3° Des morceaux d'une ponce de couleur gris ou gris clair. 4° Une poussière fine blanchâtre, composée de microlites et de parties de matière ponceuse. Cette poudre est souvent attachée aux fragments du n° 1°.

Les cendres contiennent des sels solubles. J'ai constaté dans les solutions la présence de Ca, Mg, Na, Cl et SO^3 qui prouvent qu'il y a sur le dôme des fumerolles à haute température déposant des sels.

En résumé, outre les fragments projetés incontestablement à l'état solide, les cendres de l'éruption actuelle contiennent des éléments qui peuvent porter à penser à une pulvérisation des portions du magma encore pâteux.

Les cendres de l'éruption de 1866 étaient dépourvues de matière ponceuse (¹). Aussi cette éruption n'a-t-elle pas donné naissance à un dôme, à pentes dépassant 30°, du genre de celui de Fouqué Kameni (²). Cela tient à ce que pendant la première phase de l'activité actuelle (11-24 août), phase caractérisée par l'abondance du magma épanché, le dégagement des produits volatils était très intense. Les vapeurs, en augmentant la viscosité du magma, ont favorisé le gonflement dômique.

(¹) F. Fouqué, *Santorin et ses éruptions*, Paris, 1879, p. 233.

(²) Lorsque, le 28 octobre, je suis retourné aux Kaménis, le dôme Fouqué continuait à avoir une hauteur d'environ 75ᵐ. Vu du Nord-Est, il se rapprochait, quant à sa forme, au dôme de Tarrumaï de l'île de Hokkaïdo (*Petermanns Mitteilungen*, 58, 1912, I, Pl. 54, fig. 4). Les produits solides de projection s'accumulaient toujours du côté occidental et méridional du dôme. Les explosions provenant de la base du dôme y ont lieu à travers le manteau de cendres; elles ont formé, au milieu des produits rejetés, une dépression cratériforme en fer à cheval.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *La prévision du temps et la variation diurne des atmosphériques.* Note (¹) de M. R. **Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

On distingue 3 allures principales de la variation diurne des parasites atmosphériques :

1° Variation régulière caractérisée par un maximum très étalé la nuit, par un minimum également étalé le jour, avec chute brusque aux environs du lever du Soleil et croissance (moins brusque en général) au moment du coucher du Soleil.

2° Variation régulière caractérisée par l'absence totale d'atmosphériques le matin, leur apparition brusque vers 11^h ou 12^h, un maximum vers 15^h, leur maintien jusqu'à 21^h, moment où ils commencent à disparaître. Entre 12^h et 21^h ils sont souvent alors d'une grande violence.

3° Absence de variation régulière. On les voit apparaître ou disparaître à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit.

Ces 3 types de variation diurne correspondent à 3 caractères différents de la situation météorologique. Le premier s'observe surtout dans les situations anticycloniques. Il est d'autant plus caractérisé et d'autant plus pur, que le poste T.S.F. se trouve davantage soustrait à l'influence des perturbations météorologiques. C'est la variation diurne caractéristique des *centres d'actions positifs.*

Le deuxième type correspond aux *pseudo-fronts polaires;* il caractérise les atmosphériques que j'ai dénommés stagnants. Il semble bien qu'il y ait lieu de ranger dans cette catégorie les « grinders » observés soit par C. de Groot, soit par Round, Eckersley et Tremellen, tandis que la périodicité diurne constatée par Eccles se rapporte à la première allure (²).

Enfin l'absence de toute variation régulière caractérise l'influence des *perturbations du front polaire.* Les atmosphériques se rattachent alors au passage de fronts froids et à la présence d'air polaire instable. Leur disparition ou leur absence tiennent à l'influence d'un front ou d'un secteur chaud.

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

(²) De Groot, *Electricien*, 79, 1917, p. 846. — Round, Eckersley, Tremellen, Lunnon, *Journ. of the Institution of electrical Engineers*, 63, 1925, p. 933. La variation diurne moyenne signalée par de Groot révèle d'ailleurs également la présence du premier type de variation. — Eccles, *Proc. Royal Society*, 87, 1912, p. 79.

Ces trois allures de la variation diurne peuvent d'ailleurs se combiner; d'où il résulte des variations en apparence très complexes.

Elles sont d'autre part diversement sensibles aux *influences saisonnières* et probablement aussi à l'influence de la *latitude* et de la *situation géographique*. C'est ainsi que le premier type paraît surtout s'observer dans les mois d'hiver. Par contre, le deuxième type n'est observé sous les latitudes moyennes (France) que dans les mois d'avril à septembre. Il semble de plus prédominer dans les régions tropicales et ne se manifester que sur les continents ou à proximité de ceux-ci.

Ces distinctions peuvent faciliter la *classification* des atmosphériques. Elles sont également très importantes au point de vue de la *prévision du temps*. En surveillant de près la variation diurne des atmosphériques, on peut recueillir des indications sur la vigueur d'un centre d'action anticyclonique (variation du 1er type) ou sur l'approche d'un courant de perturbations. Le R. P. Gherzi (1) a donné des règles précieuses pour la surveillance de l'approche des typhons grâce à la disposition des atmosphériques. Ces règles pourraient être vraisemblablement complétées en faisant intervenir une surveillance de la variation diurne des atmosphériques (2).

En France, le développement ou la régression pendant l'été des perturbations orageuses du Sud-Ouest peuvent être reconnus grâce à l'existence ou à l'absence d'atmosphériques stagnants (3) (variation du deuxième type associé au pseudo front polaire).

BOTANIQUE. — *Le développement de l'anthère et du pollen chez* Knautia arvensis *Coult.* Note de M. P. Lavialle, présentée par M. Guignard.

On connaît fort peu de choses sur l'anthère et le pollen des Dipsacées. F. Höch (4) signale, chez *Scabiosa suaveolens* Dsf., *S. lucida* Vill. et *Knautia arvensis* Coult., une protandrie accentuée qui entraîne la diclinie. Il donne, pour *K. arvensis*, trois figures de fleurs, où il montre des anthères livrant leur pollen nettement au-dessus d'un style encore très court.

---

(1) E. Gherzi, *Marine Observer*, 2, 2 août 1925, p. 192.

(2) La surveillance des typhons à l'aide de la variation diurne des atmosphériques est donc entièrement comparable à celle qui est basée sur l'examen de la marée barométrique.

(3) R. Bureau, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 529.

(4) F. Höck, *Dipsacaceæ*, in Engler et Prantl, *Natürliche Pflanzen-Familien*, IV Teil., IV et V Abteil., p. 182.

Je suis en désaccord complet avec Höck au sujet des positions respectives de l'anthère et du stigmate, au sujet de l'ouverture de l'anthère et, aussi, en ce qui concerne la tendance vers la diclinie.

On a décrit d'autre part ([1]) et ([2]) le nombre et la position relative des cellules mères définitives du pollen chez les Dipsacées. Elles seraient disposées en une file unique, dans l'axe du sac pollinique. Je montrerai qu'un massif pollinique se constitue, comme chez la plupart des Angiospermes, et que la présence d'une seule cellule mère, dans les coupes transversales, résulte de la résorption de cellules du massif.

Voici les faits qui précèdent et accompagnent la formation du pollen : les anthères sont situées au-dessous des deux lobes stigmatiques et au voisinage immédiat du style, depuis leur différenciation jusqu'à la maturité du pollen. Elles ne s'ouvrent pas : leurs parois sont presque entièrement résorbées au cours du développement; il n'y a pas trace d'assise mécanique; la germination du pollen se fait dans l'anthère même, par un processus très particulier que je décrirai prochainement. Il y a autofécondation régulière et jamais diclinie. Il y a protandrie. Les tubes polliniques, nombreux, sont déjà arrivés dans la cavité ovarienne avant l'épanouissement de la corolle (cléistogamie). Les filets staminaux s'allongent, après l'épanouissement de la corolle, mais leur extrémité est, alors, dépourvue d'anthère, ou n'en porte que de faibles vestiges sans pollen.

Développement de l'anthère. — L'anthère se différencie du filet bien avant la fermeture de la cavité ovarienne. Son parenchyme, d'abord homogène, est le siège de divisions cellulaires qui rappellent exactement, dans les premiers stades, les types classiques.

La coupe transversale de l'anthère a la forme d'un trapèze, à large base externe. Aux quatre angles de ce trapèze, chaque cellule sous-épidermique se divise tangentiellement pour donner deux cellules qui sont : l'interne, une cellule mère primordiale de pollen; l'externe, un élément de l'assise pariétale primordiale.

Pollen. — Les cellules mères primordiales de pollen se dilatent fortement, parfois se divisent par une cloison ordinairement oblique sur l'axe du sac pollinique, quelquefois perpendiculaire ou parallèle à ce même axe. Toutefois, ces divisions sont relativement peu nombreuses, de sorte qu'un certain nombre de cellules mères primordiales deviennent directement cellules mères définitives de pollen.

([1]) A. CHATIN, *De l'anthère*, Paris, 1870.

([2]) BONNIER et LECLERC DU SABLON, *Cours de Botanique*, Paris, p. 515.

A ce stade, on rencontre, en coupe transversale, de cinq à dix cellules mères définitives, suivant les niveaux étudiés; le sac pollinique, continu, se rétrécit, en effet, à la base et au sommet de l'anthère.

Un peu plus tard, on observe une particularité assez rare, qui rappelle, dans une certaine mesure, l'observation de Guérin (1) sur l'anthère des Gentianes. Les cellules mères définitives, dont le nombre peut être fixé, pour un sac pollinique entier, de 50 à 80, sont résorbées progressivement, sauf 10 à 20 qui forment une file régulière dans l'axe du sac pollinique. Exceptionnellement, cette file peut présenter, en coupe transversale et en des points très localisés, une ou plusieurs hernies dues à la persistance de deux cellules mères au même niveau.

La file unique de cellules mères définitives est, ainsi, libre dans une cavité assez large. Les éléments qui la composent grossissent fortement, en se nourrissant des produits de résorption des cellules du massif, qui, toutefois, ne sont jamais entièrement consommés, et qui forment une couche membraniforme, brillante et épaisse, entre la file et la paroi externe.

Enfin, on assiste aux divisions hétérotypiques. Chaque cellule mère définitive de la file, dont l'origine est ainsi bien définie, produit quatre cellules polliniques dont le développement détaillé fera l'objet d'une prochaine Note. Il se produit ainsi, dans chaque sac, de 40 à 80 cellules polliniques.

Paroi de l'anthère. — Pendant l'évolution de l'assise sporogène et de ses produits, l'assise pariétale primordiale se divise tangentiellement. Un premier cloisonnement limite définitivement à l'intérieur, les cellules de l'assise nourricière unique (tapis) et, à l'extérieur, l'assise pariétale secondaire (2). Cette dernière se divise tangentiellement à son tour, et donne deux nouvelles assises correspondant à l'assise mécanique et à l'assise transitoire. Cependant il n'y a jamais formation d'assise mécanique véritable; les éléments sous-épidermiques de l'anthère mûre étant détruits avant toute différenciation.

---

(1) P. Guérin, *Le développement de l'anthère et du pollen chez les Gentianes* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1620).

(2) M. Mascré, *Développement de l'anthère chez les Solanées* (*Thèse Doct. ès Sc. nat.*, Paris, 1921, p. 14).

BOTANIQUE. — *Sur la flore des Péridiniens de la Manche occidentale.* Note [1] de M. Pierre Dangeard, présentée par M. L. Joubin.

Au cours de plusieurs croisières à bord du *Pourquoi-Pas?* nous avons été frappé par la répartition très spéciale de certains organismes du phytoplankton qui sont parfois très abondants à l'entrée de la Manche et ne se retrouvent plus qu'à l'état sporadique dans l'intérieur de cette mer. C'est ainsi qu'une petite algue verte, *Halosphæra viridis*, ne pénètre pas en Manche pendant le mois d'août, alors qu'elle est très abondante sur la ligne Ouessant-cap Land's-end; de même les *Ceratium* qui s'observent si nombreux et si variés dans l'Atlantique sur les bancs de Porcupine et de Rockall (*C. fusus*, *C. furca*, *C. tripos atlantica*, *C. longipes*, *C. macroceros*, *C. reticulatum*, *C. azoricum*, *C. lineatum*, etc.) et aussi à l'entrée de la Manche au sud et à proximité de Lizzard, disparaissent complètement dès que l'on a dépassé la ligne approximative Ouessant-Plymouth, entraînant avec eux la disparition presque complète d'un grand nombre d'autres Péridiniens (*Peridinium depressum*, *divergens*, *Gonyaulax polygramma*, *Dinophysis acuta*, *acuminata*, *rotundata*, etc.).

Cette absence de pénétration de la flore des Péridiniens océaniques en Manche nous explique pourquoi le plankton de Saint-Vaast-la-Hougue est si pauvre en espèces de ce groupe. D'après M. Mangin en effet, les *Ceratium* manquent à Saint-Vaast sauf le *C. fusus* qui se montre irrégulièrement et toujours à l'état de rareté [2].

Les observations des croisières à l'intérieur de la Manche en ce qui concerne le plankton ont été condensées dans les tableaux planktoniques publiés par Ostenfeld en 1912 et 1913. Ces tableaux établissent pour quatre périodes trimestrielles l'état de nos connaissances sur les espèces les plus importantes de Péridiniens. On remarque que les *Ceratium* et les *Dinophysis* sont arrêtés sur une ligne allant approximativement de Roscoff à Plymouth, mais que, durant l'hiver, certaines espèces pénètrent assez loin à l'intérieur de la Manche (*C. fusus* et *C. longipes*); en tous cas, l'influence de la mer du Nord est pratiquement nulle dans la Manche occidentale.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) L. Mangin, *Sur la flore planktonique de la rade de Saint-Vaast-la-Hougue* (*Nouvelles Arch. du Muséum*, 5e série, 5, 1913, p. 147). — Fauré-Frémiet, *Étude descriptive des Péridiniens et des Infusoires ciliés de la baie de la Hougue* (*Ann. Sc. Nat. Zool.*, 7, 1908, p. 209).

L'analyse des planktons d'été recueillis par le *Pourquoi-Pas?* en plusieurs points de la Manche montre des résultats d'ensemble qui s'accordent avec ceux des précédentes croisières (¹). Cependant certains faits remarquables sont demeurés inaperçus. C'est ainsi qu'à l'entrée de la Manche existent deux régions où l'influence océanique se fait vivement sentir; d'une part au sud de Lizzard où la flore planktonique est très riche et très variée avec prédominance des grands *Ceratium* et d'autre part au nord d'Ouessant. Dans la région intermédiaire, c'est-à-dire dans l'axe de la Manche, il existe très peu de Péridiniens. Les *Ceratium* que l'on y observe se présentent toujours à l'état de carapaces vides ou même à l'état de débris difficiles à reconnaître parce qu'ils ont été usés et dissous en partie par l'action de l'eau.

Le même phénomène se retrouve dans les stations situées plus à l'intérieur de la Manche, d'une part au large de la baie de Plymouth, d'autre part au nord de la côte bretonne jusqu'au nord de Bréhat. Les pêches en ces points montrent que la disparition des *Ceratium* océaniques a lieu par suite de la mort des individus dont on retrouve les carapaces en mauvais état entraînées par les courants durant quelque temps.

Tous les autres planktons recueillis dans la Manche occidentale en 1923 sont dépourvus de *Ceratium* même à l'état de carapaces vides (sauf une seule observation d'un *Ceratium tripos atlantica* dans une pêche à l'entrée de la Rance). Quant aux autres Péridiniens abondants à l'ouvert de la Manche, ils deviennent presque tous très rares à son intérieur.

Si l'on remarque que les recherches d'hydrologie et les études de courants à l'entrée de la Manche, ont montré que la plus grande partie des eaux océaniques qui se présentent en été entre Ouessant et les Sorlingues, s'en retournent vers le Nord-Ouest après avoir décrit un circuit fermé et qu'il ne pénètre qu'une faible partie des eaux de surface en direction du Pas de Calais (²), on voit que l'absence des organismes atlantiques en Manche est due pour une part importante, à la faible pénétration des eaux atlantiques durant l'été; mais ce phénomène serait insuffisant à lui seul et il faut lui ajouter les destructions d'organismes que nous avons constatées et que nous signalons dans cette Note.

D'après nous, il existait au mois d'août 1924 deux courants principaux d'entrée des eaux de surface en Manche, l'un dirigé vers la baie de Ply-

(¹) *Rapport préliminaire sur la campagne du* Pourquoi-Pas? *en* 1924 (*Ann. hydrogr.*, nº 1889, p. 89).

(²) Lumby, *Fishery Investigations*, 3ᵉ série, 7, nº 7, 1924.

mouth, l'autre longeant la côte nord de Bretagne. La cause des destructions d'organismes doit être recherchée dans les changements de conditions qu'ils rencontrent en pénétrant dans la Manche et en premier lieu dans l'élévation de température des eaux superficielles qui atteint en moyenne deux degrés lorsqu'on passe de la région des Sorlingues au milieu de la Manche occidentale (1).

BOTANIQUE. — *Un exemple nouveau et certain de parasitisme chez les Hépatiques* (Marchantia polymorpha *L.*). Note de M. G. Nicolas, présentée par M. Molliard.

La présence d'un champignon dans le gamétophyte des Hépatiques n'est pas un fait rare; il n'est guère d'Hépatiques, en effet, où l'on n'ait signalé un mycélium dans les rhizoïdes, le thalle ou la tige feuillée. La plupart du temps, la plante ne semble pas souffrir de la présence du champignon (*Phoma*, *Fusarium*, Pézizacées: *Mollisia*, *Humaria*, *Helotium*, etc.), qui se comporte comme un endophyte, dont il affecte la forme avec ses arbuscules et ses sporangioles. Il constitue avec l'Hépatique une formation qui rappelle les mycorhizes endotrophes des Phanérogames; ce qui a fait même admettre par certains auteurs qu'il existait entre les deux organismes une sorte de symbiose ou tout au moins un parasitisme bien inoffensif. Ce n'est qu'exceptionnellement que le champignon agit en véritable parasite. Ce serait le cas d'un *Aneura* (2) décoloré, où la disparition de la chlorophylle semble provoquée par un champignon et d'un *Fossombronia Wondraczeki* Dumortier, dans le thalle et le sporogone duquel M. Chalaud vient d'observer la présence d'un champignon auquel sont dus certainement la teinte jaunâtre du thalle et l'avortement des spores restées au stade tétrades.

Je voudrais signaler ici un autre exemple de parasitisme chez une Hépatique banale, *Marchantia polymorpha* L. En février 1925, M. Bourreil m'a apporté un thalle stérile, propagulifère, de *Marchantia*, à aspect anormal, en voie de dessiccation remarquable surtout par sa teinte d'un gris bleu métallique.

---

(1) Consulter Le Danois, *Rapport atlantique* 1921 (*Conseil permanent international pour l'exploration de la mer*), et les Tableaux hydrologiques fournis par les croisières du *Pourquoi-Pas?*

(2) Denis, *Sur quelques thalles d'*Aneura *sp. dépourvus de chlorophylle* (*Comptes rendus*, 168, 1919, p. 64-66).

A l'examen microscopique, j'ai constaté que ce thalle était, sauf à son sommet indemne, infecté par deux champignons. L'un localisé dans la partie inférieure du thalle (3-4 assises à partir de la couche à rhizoïdes), à hyphes étroites, remplissant les cellules de ses arbuscules; c'est tout simplement un des nombreux champignons mycorhiziques. L'autre occupait les cellules situées entre les précédentes et le tissu chlorophyllien. Son mycélium, pourvu çà et là de quelques rares cloisons, plus large que le précédent, circule de cellule à cellule en traversant les membranes. Dans quelques cellules, il porte des renflements globuleux ($8-10 \times 10-15^{\mu}$), soit terminaux, isolés, soit intercalaires, en chapelets, séparés du mycélium par une cloison; ce sont des sporocystes. J'ai observé, en outre, dans le thalle une à quatre masses sphériques, à parois épaisses lisses, mesurant $12-13^{\mu}$ de diamètre, qui sont des œufs. L'un d'eux portait même encore appliquée contre lui l'anthéridie qui l'avait fécondé. La présence des sporocystes non portés par des sporocystophores spéciaux et d'œufs permet d'attribuer ce champignon au *Pythium*. Les parois des cellules envahies par les deux champignons étaient, comme c'est très fréquent chez les Hépatiques, colorées en rouge violacé; l'amidon digéré par le champignon avait disparu du thalle, sauf au sommet non contaminé.

J'ajouterai que ce thalle hébergeait dans la plupart de ses stomates une Nostoccacée, Schizophycée dont la présence est très fréquente chez les Hépatiques.

En remarquant que les *Pythium* sont considérés jusqu'à maintenant comme susceptibles de ne parasiter que des Ptéridophytes et des Phanérogames, exception faite toutefois pour *Saprolegnia Schachtii* Franck (1) et *Sporadospora Jungermaniæ* (2) Reinsch, champignons parasites, le premier du *Pellia epiphylla* Corda, le deuxième du *Plagiochila asplenioides* Dum. et que Fischer attribue tous deux au *Pythium de Baryanum* Hesse, il n'est pas sans intérêt de signaler l'existence certaine, dans le *Marchantia*, d'un *Pythium*, qu'il ne m'est pas possible de rapporter à une espèce connue, les cultures faites à partir de fragments de thalle contaminés ne m'ayant rien donné. Ce *Pythium* diffère, en effet, du *P. de Baryanum* par ses sporocystes intercalaires disposés en chapelets et par la plus petite taille de ses œufs. C'est peut-être une race du *P. de Baryanum* spéciale au *Marchantia*.

---

(1) Frank, *Die Pilzparasitären der Pflanzen*, 1re édition, 1880, p. 384.
(2) Reinsch, *Contrib. ad Alg. et Myc.*, 1re édition, vol. III, 1875, p. 95.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité de la propriété remontante chez les plantes greffées*. Note de M. Louis Daniel, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On désigne sous le nom de plantes remontantes celles qui, au lieu de donner une seule floraison dans l'année, remontent, c'est-à-dire donnent deux ou plusieurs floraisons, qu'il s'agisse de végétaux annuels ou vivaces (Rosiers, Œillets, etc.). Au cours de mes recherches sur l'action du greffage sur les rythmes de végétation et le développement des associés, j'ai observé plusieurs fois l'apparition de la propriété remontante chez les épibiotes quand elle ne se manifestait pas chez les témoins cultivés dans des conditions identiques, en dehors de la symbiose. J'ai obtenu des Haricots noirs de Belgique remontants (1900); j'ai redonné de la vigueur à une tige sénile de *Scopolia* qui a fleuri ensuite une seconde fois à la suite de sa greffe sur une jeune Tomate (1903); des Choux de races différentes greffés entre eux ont fourni trois floraisons successives dans la même année (1913); quelques exemplaires de Tanaisie greffé sur *Chrysanthemum frutescens* et de Soleil annuel greffés sur Topinambour ont remonté une ou deux fois (1922-1924).

Ces variations chez les végétaux vivaces ont un certain intérêt puisqu'on peut les propager par multiplication végétative et obtenir ainsi des fleurs à des époques anormales. J'ai recherché si la propriété remontante ainsi provoquée par greffage était héréditaire par graines et à quel degré. A la suite du semis des graines du Haricot noir de Belgique remontant, j'ai pu fixer, par sélections successives, une nouvelle race remontante, la première qui ait été observée chez l'espèce *Phaseolus* (1903). De même j'ai obtenu par semis du Soleil greffé, quelques exemplaires nettement remontants, mais la race n'est pas encore fixée, mes expériences étant trop récentes. En même temps que la propriété remontante ou quelquefois séparément, quelques jeunes plantes ont conservé la prolongation de durée de vie observée chez la plupart des épibiotes vigoureux, ainsi que le nanisme des tiges et l'exagération de dimension des feuilles.

L'an dernier, j'avais observé de nombreux épibiotes remontants chez les *Tanacetum boreale* greffés sur *Chrysanthemum frutescens*. Ayant semé quelques-unes de leurs graines au printemps, j'ai obtenu seulement six germinations. Sur les six pieds, deux n'ont pas remonté tandis que les quatre autres ont remonté à deux reprises, comme le pied mère greffé qui les avait fournis.

Ces faits montrent que, si le greffage est un des facteurs capable de provoquer chez les épibiotes l'apparition accidentelle de la propriété remontante, celle-ci est partiellement héritée par les descendants de ceux-ci, dans les conditions de mes expériences. Ce sont de nouveaux exemples de variations produites par la symbiose dans les caractères physiologiques des associés et du parallélisme de la réaction sur le soma et sur le plasma germinatif.

ZOOLOGIE. — *Sur la biologie de la Truite-Omble du Moyen Atlas* (Salmo Pallaryi *Pellegrin*). Note [1] de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'année dernière j'ai donné la description [2] d'un intéressant Salmonide du Maroc qu'on peut désigner sous le nom de Truite-Omble; son aspect général, la petitesse de ses écailles montre en effet ses affinités avec les Ombles Chevaliers, formes bien connues de nos lacs alpestres, tandis que la présence constante de dents sur le corps du vomer le rapproche des Truites.

L'espèce habite l'Aguelman Sidi Ali ou Mohamed, lac profond du Moyen Atlas situé à une altitude de 2150^{m} environ [3] et qui se trouvait, il y a quelques années encore, en pleine zone dissidente. Dès que le pays fut occupé, les officiers du Service des Renseignements, parmi lesquels le lieutenant-colonel de Loustal, pêchèrent ce poisson. M. Pallary, qui explora le lac en septembre 1923, rapporta deux spécimens au Muséum de Paris et je lui dédiai alors cette espèce nouvelle pour la science. En octobre dernier, j'ai pu retourner à l'Aguelman, ce qui m'a permis de faire sur place certaines observations qu'on trouvera plus loin sur la biologie de ce Salmonide et de rapporter au Muséum une belle série d'échantillons.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 971; *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1924, p. 181; *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **49**, 1924, p. 458.

(3) M. Pallary donne 2230^{m}, M. Alluaud 2150, M. Vogeli 1950. Je prends le chiffre moyen.

Dimensions. Poids. — La longueur des 13 spécimens adultes conservés au Muséum (2 de Pallary, 1 d'Alluaud, 10 de moi) est comprise entre 200 et 265^{mm} de longueur avec un poids de 51^{g},5 à 111^{g}, mais certains individus arrivent à 350^{mm} et peut-être davantage.

Coloration. — Elle est très caractéristique, complètement noire au sortir de l'eau chez certains sujets, noire sur le dos et les côtés avec le ventre blanc chez d'autres. Il s'agit là non d'un caractère sexuel, mais de variations individuelles. L'autopsie montre aussi bien des mâles que des femelles à ventre blanc ou à ventre noir.

Régime. Pêche. — Le régime, du moins en automne, paraît principalement insectivore. On rencontre dans l'estomac ou l'intestin de nombreux fragments d'Insectes et de Crustacés et parfois quelques débris végétaux. Dans l'estomac d'un individu j'ai trouvé une grosse Sauterelle presque intacte. A la ligne on prend facilement la Truite-Omble au Ver de terre; elle est très vorace. De 10^{h} à 13^{h} quatre pêcheurs ont pu prendre devant moi 53 sujets adultes; ceci, en outre, indique des habitudes diurnes.

Reproduction. — On ne trouve sur les bords du lac, ni œufs, ni alevins. La reproduction se fait sans doute dans la profondeur. Au sujet de son époque, j'ai pu constater qu'elle commençait pour la plupart des sujets dès octobre. En effet, l'examen des 2 exemplaires types de Pallary, pris en septembre, montre deux femelles, l'une à ovaires encore peu développés (œufs, diamètre : 1^{mm} à 1^{mm},5), mais l'autre à ovaires assez avancés dans leur évolution avec certains œufs déjà volumineux indiquant une ponte pas très éloignée.

Sur les 10 spécimens pêchés le 20 octobre 1925, rapportés par moi, il y a 3 mâles à testicules mûrs, 5 femelles à ovaires énormes, prêtes à pondre, 2 femelles à ovaires réduits (ponte sans doute déjà faite). Voici quelques chiffres pris sur 2 spécimens en pleine maturité sexuelle :

Mâle. — Longueur : 237^{mm}; poids : 81^{g}.

Longueur du testicule gauche : 66^{mm}; poids : 1^{g},7.

Longueur du testicule droit : 70^{mm}; poids : 1^{g},8.

Poids total des deux testicules : 3^{g},5.

Femelle. — Longueur : 220^{mm}. Poids : 89^{g}.

Poids de l'ovaire gauche :	15^{g},5;	nombre d'œufs :	165
» » droit :	6^{g},5;	»	66

Le poids des deux ovaires, 22^{g}, s'élève environ au quart du poids total de l'animal, ce qui est vraiment remarquable.

Les œufs, au nombre de 231, sont très volumineux; leur diamètre est de 5^{mm} à 5^{mm},5, parfois 6^{mm} (1). Au moment de la ponte, la coloration est d'un beau jaune.

Utilisation. — La chair de la Truite-Omble que j'ai pu goûter est blanche, fine, de goût agréable et rappelle celle de la Truite non saumonée.

Ces quelques indications doivent appeler l'attention sur un excellent

(1) La dimension des œufs de notre Truite indigène est de 4 à 5^{mm},5.

poisson, aujourd'hui sans doute confiné dans un seul lac du Moyen Atlas, mais qui y est encore fort abondant. Il faudra donc, d'abord, veiller à ce que, là où il se trouve, il ne diminue pas.

D'autre part, il y a lieu de poursuivre sa propagation. Déjà quelques individus ont été apportés par les soins de l'administration des Eaux et Forêts à la petite station piscicole d'Azrou. Il serait désirable d'obtenir la reproduction de l'espèce et de l'introduire ensuite dans quelques localités bien choisies d'autres régions montagneuses de l'empire chérifien. L'expérience mérite d'être tentée. Cet unique représentant réellement africain [1] de la famille des Salmonides présente, en effet, des chances d'adaptation à un milieu qui est déjà presque le sien, autrement grandes que certaines espèces exotiques qui, par ailleurs, ne lui sont en rien supérieures au point de vue de la valeur alimentaire [2].

ZOOLOGIE. — *Sur un Actiniaire nouveau de la Méditerranée* (Chondranthus denudatum *n. g. n. sp.*). Note de MM. **André Migot** et **Adolf Portmann**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours d'une sortie effectuée dans les eaux de Banyuls par l'*Orvet*, vapeur du Laboratoire Arago, la drague ramena d'une profondeur de 80^{m} environ un Actiniaire nouveau.

Son *aspect général* diffère beaucoup de celui des Actiniaires en général, mais rappelle celui de plusieurs genres de l'ancienne famille des *Amphianthinæ* de R. Hertwig [3]. Le trait le plus remarquable en est l'allongement considérable de la sole pédieuse déterminant un plan de symétrie bilatérale.

Nous n'indiquerons ici que quelques particularités d'un intérêt plus général, réservant la description détaillée pour un travail en préparation. Ce sont surtout quatre caractères histologiques saillants qui donnent à l'animal sa physionomie :

1° Prépondérance de la mésoglée par rapport aux autres couches. Accessoirement, abondance des éléments cellulaires dans cette mésoglée ;

---

(1) La Truite à grandes taches, assez abondante au Maroc, se rencontre dans plusieurs autres points du sud du pourtour méditerranéen.

(2) Dans cet ordre d'idées M. Léger vient de montrer la supériorité pour le peuplement des lacs alpins de haute altitude de l'Omble Chevalier indigène sur les Salmonides américains : Saumon de fontaine et Truite arc-en-ciel (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 813).

(3) Delage et Hérouard, *Zoologie concrète. Cœlentérés*, p. 519.

2° Sphincter très puissant autour de la couronne tentaculaire, complètement noyé dans la mésoglée et n'y déterminant pas de saillie;

3° Absence d'ectoderme sur la plus grande partie de la colonne, contrastant avec son grand développement sur la sole pédieuse;

4° Nombreuses *tonofibrilles* dans l'ectoderme pédieux.

Sur la face inférieure du capitulum, il existe encore une mince couche d'ectoderme, mais cette couche diminue progressivement d'épaisseur et finit par disparaître complètement sur la plus grande étendue de la colonne. Il ne persiste que dans les sillons longitudinaux et en quelques rares îlots.

Il ne s'agit pas là d'une mutilation, mais bien d'une disposition normale; on peut suivre l'amincissement progressif de la couche ectodermique dans les îlots. (Signalons dans cet ectoderme la rareté des nématoblastes.)

Dans la *sole pédieuse* au contraire, l'ectoderme est extrêmement développé. En dehors de rares nématocystes et des cellules nerveuses normales, l'ectoderme présente deux éléments essentiels : 1° des cellules glandulaires typiques; 2° des éléments de soutien très caractéristiques : les *tonofibrilles*.

Cet élément remarquable a été décrit par Hérouard (¹) chez la larve scyphistome des Acraspèdes. Il avait déjà été vu par Krempf (²) chez les Stichodactylines et constituait, pour cet auteur, un élément caractéristique de la famille.

Sur nos coupes, les *tonofibrilles* se présentent sous deux aspects : Dans une première forme, ce sont des éléments très allongés résultant de la transformation de certaines cellules correspondant aux cellules de soutien typiques pour l'ectoderme des Actiniaires. Ici la plus grande partie du cytoplasme est transformée en une colonne de substance anhyste; il ne reste de la cellule formatrice que le noyau accolé à la fibrille par une mince couche de cytoplasme. Chaque *tonofibrille* est ancrée dans la mésoglée par de fins prolongements, l'autre extrémité se terminant à la limite de l'ectoderme. Cette limite est marquée par une mince cuticule sécrétée par les cellules glandulaires et fixant l'animal à son support.

Dans leur deuxième forme, les *tonofibrilles* sont réduites à de minces tractus joignant encore la mésoglée à la cuticule. Le noyau est toujours très net, mais la couche cytoplasmique qui l'unit à la fibrille est encore plus réduite. Dans l'intervalle laissé par les tractus, on retrouve les cellules glandulaires, mais seulement dans la région voisine de la cuticule. Il en résulte que la sole pédieuse n'est plus constituée que par deux lames parallèles : la mésoglée d'une part, la cuticule et les cellules glandu-

---

(¹) HÉROUARD, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 36, 1911, p. 15.

(²) KREMPF, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 816.

laires d'autre part, ces deux lames n'étant réunies que par les minces tractus des *tonofibrilles*.

Nous pensons que ces deux formes constituent deux stades successifs de l'évolution des tonofibrilles au cours du renouvellement continuel des cellules du pied. Cette évolution correspond du reste à celle que décrit Hérouard dans le pied du scyphistome, avec cette différence qu'ici la cellule reste toujours vivante.

Au point de vue de l'anatomie générale, nous avons ici un nouvel exemple de ce fait que la tonifibrille ne peut caractériser un groupe systématique, comme le voulait Krempf pour les Stichodactylines. Elle n'est qu'une adaptation morphologique à un certain mode de fixation. On la retrouve, du reste, comme l'a montré l'un de nous (¹), dans des groupes très divers, soit sous la forme typique, soit sous une forme rudimentaire. A cette variété d'aspect, correspondent des différences dans les réactions de coloration : les tonofibrilles prenant l'hématoxyline dans beaucoup de cas, mais seulement les colorants acides chez *Chondranthus*.

Biologie. — L'animal vit à une profondeur de 80^{m} environ, fixé sur des tiges d'*Aglaophenia myriophyllum* où il est associé à des Néoméniens. A l'état contracté, le capitulum est complètement invaginé, ce qui donne un aspect vermiforme ne rappelant en rien une Actinie. Au repos, il s'épanouit complètement; il est alors très peu sensible aux excitations, fait qui a déjà été signalé chez diverses Actinies de profondeur.

Systématique. — En tenant compte des caractères indiqués par Stephenson dans son travail fondamental sur la classification des Actiniaires (²), travail dont les conclusions sont adoptées aujourd'hui par la plupart des auteurs, nous pouvons placer le genre *Chondranthus* dans la sous-tribu des *Mesomyaria* et la famille des *Paractidæ* telle que l'entend Stephenson.

PHYSIOLOGIE. — *Toxicité du sérum mis en contact avec l'amidon*. Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

En 1913, Nathan (³), en confirmant les expériences de Bordet sur la toxicité du sérum gélosé, avait annoncé que l'amidon produit les mêmes

(¹) A. Migot, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 47, 1922, p. 269-278.

(²) Stephenson, *Q. J. Micr. Sc.*, 64, 1920-1922, p. 425-574; 65, p. 493-576; 66, p. 247-319.

(³) E. Nathan, *Zeitsch. für Immunitätsforschung und experimentelle Therapie*, 17, 1913, p. 478 à 486.

effets que la gélose et plusieurs auteurs sont ensuite arrivés aux mêmes conclusions, à savoir que le sérum d'un animal déterminé mis en contact avec une petite quantité d'amidon pendant quelques heures, à l'étuve à 37°, donne naissance à une anaphylatoxine susceptible de tuer les animaux de la même espèce.

Nous avons antérieurement montré, dans le cas du sérum gélosé, que l'anaphylatoxine n'existait pas et que la préparation sérique devait sa nocivité à un floculat resté en suspension dans le milieu; une centrifugation très énergique et suffisamment prolongée rendent ce sérum complètement inoffensif (1).

Il était intéressant de rechercher si le mécanisme de la toxicité du sérum amidonné relevait du même mécanisme et, pour cela, nous avons délayé 10^{cg} d'amidon de riz, marque Rémy, dans 10$^{cm^3}$ de sérum de cobaye; après agitation, le mélange a été porté à l'étuve à 37°, puis abandonné pendant le même temps à la température du laboratoire (18°). La plus grande partie de l'amidon s'était alors déposée, et pour éliminer plus complètement, on a centrifugé le liquide pendant 20 minutes à 9000 tours (vitesse tangentielle au fond du tube, 96^{m} par seconde).

Injectée très lentement (en 45 secondes) dans la jugulaire du cobaye, cette préparation donne, au bout de 3 minutes, un choc du type anaphylactique tout à fait caractéristique; tous les symptômes de l'anaphylaxie vraie sont observés : prurit, hoquet, convulsions, coma et mort.

Le même sérum non amidonné, traité et employé de la même manière dans une expérience témoin, ne donne lieu à aucun accident.

Si la centrifugation du sérum amidonné est poursuivie pendant 30 minutes, les troubles n'apparaissent que 10 minutes après l'injection; ils sont très atténués et se traduisent par un peu d'agitation, un prurit parfois intense, l'animal mâchonnant reste longtemps hérissonné puis se rétablit complètement.

En centrifugeant dans les mêmes conditions durant 50 minutes, le sérum devient complètement inoffensif.

Le sérum amidonné et centrifugé pendant 20 minutes ne donne aucune trace de réaction de l'amidon par l'iode.

Il est probable que le choc observé ne provient pas de l'amidon lui-même mais d'un complexe amidon-sérum.

---

(1) AUGUSTE LUMIÈRE et HENRI COUTURIER, *Sur la toxicité du sérum gélosé* (*Arch. internat. de Pharmocodynamie et de Thérapie*, **30**, 1925, p. 151 à 155).

Ce complexe est éliminable par centrifugation prolongée, il ne s'agit donc pas d'un produit soluble, mais d'un floculat.

Un fait digne de remarque est que la symptomatologie du choc par le sérum amidonné est superposable à celle de l'anaphylaxie proprement dite, tandis que les troubles du choc par le sérum gélosé insuffisamment centrifugé s'en écartent notablement.

Or, nous avons fréquemment constaté que les accidents provoqués par l'injection dans les vaisseaux de précipités préformés étaient d'autant plus voisins de ceux de l'anaphylaxie que ces précipités étaient plus fins.

Le complexe gélose-sérum serait donc plus grossier que le complexe amidon-sérum et précisément ce dernier résiste beaucoup plus longtemps à la centrifugation.

Enfin, si l'on centrifuge, par exemple, pendant 15 minutes seulement un sérum gélosé et un sérum amidonné, on obtient un liquide surnageant toxique; après une nouvelle centrifugation de 25 minutes, ce même liquide est devenu dans les deux cas inoffensif; au fond du tube gélosé, on voit un dépôt infime mais cependant très nettement perceptible, tandis qu'on n'en aperçoit aucun au fond du tube amidonné, ce qui tend à démontrer que les constantes optiques et notamment l'indice de réfraction du complexe sérum-amidon sont extrêmement voisins de ceux du sérum.

Ces résultats qui sont concordants apportent encore des arguments nouveaux en faveur de notre thèse de l'anaphylaxie [1] et il ne nous paraît guère possible d'expliquer autrement que par la théorie de la floculation l'évanouissement, par le seul effet de la centrifugation, de cette anaphylatoxine qui a donné lieu à tant de travaux et que nous considérons comme inexistante.

Dans tous les cas, l'agent nocif est un floculat plus ou moins visible, qui est insoluble et qui n'intervient, par conséquent, que par sa formule physique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action de la température sur la respiration* in vitro *des tissus d'homéothermes et de pœcilothermes*. Note [2] de M. **Jean Roche**, présentée par M. Henneguy.

L'étude des mécanismes par lesquels les variations de la température extérieure modifient la production calorique des êtres vivants — homéothermes et pœcilothermes — nécessite une connaissance précise de l'influence qu'exerce la température sur la respiration des tissus *in vitro*.

(1) Auguste Lumière, *Le problème de l'anaphylaxie*, Doin, Paris, 1924.

(2) Séance du 21 décembre 1925.

Chez les homéothermes, Terroine et Roche d'une part, Büchner et Grafe d'autre part ont, simultanément et indépendamment, établi que les tissus homologues présentent, *in vitro*, la même intensité respiratoire. Puisque cette intensité est la même quelle que soit la calorification *in vivo* des êtres auxquels ils appartiennent, c'est que, pour Terroine et Roche, les causes qui règlent la grandeur de la production calorique *in vivo* sont extérieures aux tissus, circulatoires ou nerveuses. On est ainsi amené à se demander si, lorsqu'un tissu d'homéotherme est séparé de l'organisme et que les influences circulatoires et nerveuses cessent de s'exercer, il ne se comportera pas comme un pœcilotherme modifiant ses échanges dans le sens des variations de la température.

Chez le poïkilotherme, on doit rechercher si l'action de la température, parfois considérable sur un tissu isolé (Thunberg observe dans le muscle de Grenouille des échanges décuplés par le passage de 10° à 20°) est la même sur les tissus isolés et sur les organismes totaux. La constatation d'une différence constituerait une intéressante présomption en faveur de l'existence d'un mécanisme thermorégulateur imparfait chez le pœcilotherme, mécanisme sur lequel divers auteurs, et tout particulièrement Lefèvre, ont depuis longtemps déjà appelé l'attention.

Nous avons donc repris l'étude, suivant une technique antérieurement décrite (Terroine et Roche), de l'influence des variations de la température sur l'intensité respiratoire du muscle chez un homéotherme (pectoral de Pigeon) et chez un pœcilotherme (muscle ischiatique de la Grenouille).

On trouvera ci-dessous les résultats — valeurs moyennes de 5 à 6 déterminations — exprimés en millimètres cubes de O^2 par gramme de tissu frais et par heure. A titre de comparaison avec le muscle de Grenouille nous avons relevé les données de Vernon relatives à la production *in vivo* de CO^2 chez la Grenouille *Rana temporaria*.

Température.	Muscle de Pigeon.	Muscle de Grenouille.	CO^2 par kg-heure chez la Grenouille (d'après Vernon).
0°	»	94,1	»
2	»	»	89
5	»	109,9	
6	»	»	99
10	206	130,3	97
15	309,9	161,7	97
20	392,0	201,7	113
28	512,7	260,7	256
30	640,2	318,7	408
35	827,7	»	»
40	1087,4	»	»

Il nous semble que les données acquises permettent de dégager les propositions suivantes :

1° Aussi bien chez les homéothermes que chez les pœcilothermes, l'intensité des échanges respiratoires varie dans le même sens que la température : un tissu d'homéotherme *in vitro* se comporte donc comme un animal poïkilotherme. La variation, extrêmement régulière, peut être exprimée par une loi mathématique simple : la consommation de $O^2(y)$ par gramme-heure est une fonction exponentielle de la température (t), d'une constante propre à chaque espèce (k) et d'une constante invariable (a). Cette loi, de la forme $y = ke^{at}$, donne pour le muscle de Pigeon $y = 147(1,05)^t$, et pour le muscle de Grenouille $y = 83,314(1,05)^t$.

2° A une même température, la consommation d'oxygène est beaucoup plus élevée chez le muscle de Pigeon que chez celui de Grenouille, fait identique à celui signalé par Rijuta Usui lors de la comparaison de l'intensité respiratoire *in vitro* des foies de Souris et de Grenouille. Des recherches systématiques actuellement poursuivies avec Terroine et Hee montreront s'il y a là un fait général séparant nettement homéothermes et pœcilothermes et tenteront d'en élucider la cause.

3° Les variations de l'intensité respiratoire en fonction de la température sont moins marquées chez le tissu du pœcilotherme que chez celui de l'homéotherme. D'autre part la courbe qui traduit les variations de la respiration du poïkilotherme total a la même allure que celle qui traduit les variations de la consommation de l'oxygène dans le muscle isolé. Il ne semble donc pas qu'il y ait à proprement parler chez le pœcilotherme — au moins chez celui que nous avons étudié — un mécanisme régulateur des échanges, mais une sorte de régulation rudimentaire que traduit la faible sensibilité des tissus aux écarts thermiques.

La régulation du pœcilotherme serait ainsi basée sur la structure même du protoplasme. Son mode d'action résiderait à la fois dans la lenteur de l'accommodation aux modifications des facteurs extérieurs (Loi des états antérieurs de Palladine) et dans la faible amplitude des variations du métabolisme en réponse aux écarts de température.

PHYSIOLOGIE. — *Reproduction, croissance et équilibre alimentaire.* Note de M[me] **L. Randoin**, M. **J. Alquier**, M[lles] **Asselin** et **Charles**, présentée par M. E. Leclainche.

Nos expériences sur la reproduction font partie d'un ensemble de recherches effectuées pendant deux ans sur plus de cent rats blancs, soumis à des régimes à base de *gros son* du commerce.

L'analyse chimique, puis l'analyse biologique, nous ont permis de compléter ce son par addition, en proportions convenables, d'une *solution saline* ($NaCl$ et $CaCl^2$) et de trois aliments usuels : *caséine, beurre, sucre*, en vue d'obtenir un régime capable d'assurer, pour l'espèce, le cours normal de la vie (1).

Les quatre compléments ont été associés au son, ensemble ou séparément, selon les quinze combinaisons possibles; et nous avons pu ainsi démontrer, par des *courbes de croissance*, que la valeur d'un régime ne dépend pas tant du nombre des principes alimentaires et de leurs quantités absolues, que de leur qualité et de leurs proportions relatives (2).

Technique. — Chaque régime a été étudié sur des couples de jeunes rats, pesés chaque jour ainsi que leurs ingesta, et soumis à des épreuves rigoureuses de fécondité, afin de savoir, notamment, si la stérilité, une fois constatée, tenait au mâle ou à la femelle.

Conclusions — I. De l'ensemble de nos expériences, ressort cette notion que *les conditions d'équilibre alimentaire assurant le mieux la croissance ne sont pas toujours celles qui favorisent le mieux les fonctions de reproduction*, notion qui se dégage également des travaux de H. Simonnet (*Thèse*, Paris, 1925) et des observations de la pratique agricole courante.

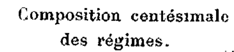
Notre régime VII, relativement bon pour la croissance, rend les animaux des deux sexes absolument stériles; les régimes IV et VIII, très bons pour la croissance, provoquent chez la femelle des troubles plus ou moins graves et à échéance plus ou moins lointaine; inversement, le régime III, peu favorable à la croissance, assure une reproduction parfaite au couple et à sa descendance (*voir les graphiques*).

II. *Le beurre apporte des principes indispensables à la fécondation* (tout au moins le facteur lipo-soluble A), agissant de concert avec les autres vitamines contenues dans le son : facteur B, facteur E (?). Avec les régimes I et VII, dépourvus de beurre, la stérilité est, en effet, absolue.

---

(1) M[me] L. Randoin et M. J. Alquier, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1342.

(2) M[me] L. Randoin et M. J. Alquier, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2063.


Composition centésimale des régimes.

I { Son........ 77 / Caséine.... 23 — Son Caséine — mâle stérile — femelle stérile

II { Son........ 80 / Beurre .... 20 — Son Beurre — mâle fécond — † — femelle stérile

III { Son........ 72,8 / Caséine.... 13,6 / Beurre .... 13,6 — Son Caséine Beurre — mâle fécond — femelle féconde — petits normaux deviennent ensuite féconds, etc...

IV { Son........ 55 / Caséine.... 7,5 / Beurre .... 15 / Sucre...... 22,5 — Son Caséine Beurre Sucre — mâle fécond — femelle tardivement féconde — plus de reproduction à la 3ème génération

V { Son........ 66,8 / Caséine.... 15,6 / Beurre .... 15,6 / Sels....... 2 — Son Caséine Beurre Sels — mâle fécond — † — femelle irrégulièrement féconde — † — petits non viables

VI { Son........ 54,5 / Caséine.... 7,8 / Beurre .... 14 / Sucre...... 21,9 / Sels....... 1,8 — Son Caséine Beurre Sucre Sels — mâle fécond — femelle féconde — petits normaux deviennent ensuite féconds, etc....

VII { Son........ 56 / Caséine.... 16,8 / Sucre...... 25,5 / Sels....... 1,7 — Son Caséine {Sucre Sels — mâle stérile — femelle stérile

VIII { Son........ 58 / Beurre .... 16 / Sucre...... 24,3 / Sels....... 1,7 — Son Beurre {Sucre Sels — mâle fécond — † — ? — femelle irrégulièrement féconde — † — † — ? — petits non viables

Axes : gr 100 – 150 – 200 – 250 ; 2 jours (6 jours) – 50 – 100 – 150 – 200 – 250 j.

III. Mais si le régime *son* + *beurre* semble suffire au mâle, il n'en est pas de même pour la femelle (comparer II et III) qui ne peut mener à bonne fin la gestation et l'élevage des petits sans la *caséine*. Celle-ci agirait, soit en apportant un acide aminé spécifique, soit en permettant la réalisation d'un équilibre convenable entre les acides aminés du régime ou peut-être encore entre les diverses matières minérales. Ainsi, le *lait*, renfermant à la fois du beurre et de la caséine, serait un *aliment de sécurité* vis-à-vis de la reproduction, ce qui est d'accord avec les résultats favorables obtenus en clinique par l'usage presque exclusif de cet aliment dans certains cas de stérilité chez la femme.

IV. Mais, le beurre et la caséine étant présents dans le régime, il faut encore tenir compte de la nécessité d'un *équilibre entre les composants minéraux et les composants énergétiques, spécialement pour la femelle*. On voit que le régime III, parfaitement convenable pour la reproduction, est déséquilibré par l'apport de sucre (22,5 pour 100 — IV), mais surtout par l'apport des chlorures de Na et Ca (2 pour 100 — V) et l'équilibre est rétabli (VI) par l'*introduction simultanée du sucre et des sels*

$$\left(\text{le rapport : } \frac{\text{matières minérales totales}}{\text{glucides digestibles totaux}} \text{ de ce dernier régime est de } \frac{1}{9,5}\right).$$

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Concentration moléculaire du milieu intérieur d'une Ascidie* (Ascidia mentula *Müll.*). Note (¹) de MM. **Marcel Duval** et **Marcel Prenant**, présentée par M. L. Joubin.

L'un de nous, au cours de précédentes recherches sur le milieu intérieur des animaux aquatiques, avait vérifié la notion classique que le sang des Invertébrés marins vivant dans les conditions normales se congèle à la même température que l'eau de mer ambiante. Les Invertébrés étudiés avaient été des Crustacés, des Céphalopodes, des Vers, des Échinodermes. Il nous a semblé intéressant d'étendre ces recherches aux Procordés et nous avons examiné un Tunicier, l'Ascidie (*Ascidia mentula* Müll.).

Les animaux qui provenaient du vivier de la station biologique de Roscoff étaient, selon la technique utilisée dans les recherches antérieures (²)

(¹) Séance du 28 décembre 1925.

(²) Pour les détails de technique, voir Marcel Duval, *Bull. Soc. scient. Arcachon*, 1924, et surtout *Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques* (*Ann. Inst. océanographique*, nouvelle série, II, fasc. 3, juin 1925, p. 233 à 407).

conservés quelques jours dans un aquarium à eau de mer non renouvelée.

Pour prélever le sang, on débarrassait l'animal de sa tunique, en évitant toute lésion inutile; on exprimait doucement, mais aussi complètement que possible, l'eau de la branchie, ainsi que des cavités cloacale et péribranchiales; on essuyait doucement l'animal, puis on le saignait par section du sinus sous-endostylaire. Les premières gouttes de sang lavaient les traces d'eau de mer qui pouvaient rester et on les rejetait, pour ne recueillir que les portions suivantes. On vérifiait en outre au microscope l'aspect du sang, pour être certain qu'il ne s'était pas fait de souillure grave. Un individu fournissait selon sa taille entre 2 et 4^{cm^3} de sang pur.

On mesurait alors le point cryoscopique de l'eau de mer dans laquelle l'Ascidie avait séjourné et celui de son sang. On dosait en outre le chlore (exprimé en chlorure de sodium) dans ces deux liquides.

Voici les résultats de trois expériences, les déterminations faites sur d'autres individus ayant toujours conduit à des résultats analogues :

Point de congélation		Teneur en NaCl en g. par litre	
du sang.	de l'eau de mer.	du sang.	de l'eau de mer.
$-2{,}08^{\circ}$	$-1{,}98^{\circ}$	34,7	33,0
$-2{,}08$	$-1{,}98$	34,7	33,0
$-2{,}09$	$-2{,}00$	35,0	33,2

Ce Tableau montre que, contrairement à ce que l'on observe chez les autres Invertébrés marins, le sang de l'Ascidie n'est pas isotonique avec l'eau de mer mais lui est très sensiblement hypertonique, la différence entre les points de congélation des deux milieux étant de $0^{\circ},10$. On voit également que la teneur en chlore du sang est plus grande que celle de l'eau de mer externe. Nous n'avions jusqu'à présent constaté sur les autres Invertébrés marins qu'une teneur en chlore du sang, soit égale à celle de l'eau de mer (Echinodermes, Vers) soit inférieure (Crustacés, Céphalopodes, Gastéropodes).

L'Ascidie se différencie donc nettement, au point de vue de la concentration moléculaire de son sang, des autres Invertébrés marins étudiés jusqu'alors et il nous semble intéressant de comparer le sang de ce Tunicier à celui des Sélaciens que nous avons montré être, lui aussi, plus concentré que l'eau de mer, la différence entre le Δ du sang des Sélaciens et l'eau de mer étant en moyenne de $0^{\circ},10$. Il est remarquable, à notre avis, que l'excès de la concentration du milieu intérieur de l'Ascidie sur celle de l'eau de mer se traduise aussi par une différence de Δ de $0^{\circ},10$. Mais tandis que chez le Sélacien une grande partie de la concentration sanguine est produite par des substances organiques, principalement de l'urée, chez

l'Ascidie, au contraire, elle est due pour ainsi dire uniquement à des substances minérales, le sang de cet animal ne contenant des substances organiques qu'en très faibles quantités, ainsi que nous l'avons constaté.

Au point de vue de la physiologie de son milieu intérieur, l'Ascidie, Invertébré considéré comme très élevé en organisation, fait en quelque sorte la transition entre les autres Invertébrés marins dont le sang est isotonique avec l'eau ambiante et les Sélaciens dont le sang, plus concentré que l'eau de mer, doit une partie de cette concentration à des substances organiques.

Ceci est bien en rapport avec la place que cet animal occupe dans la classification et nous nous proposons d'étendre ces recherches à d'autres Procordés. Incidemment nous avons mesuré la réaction ionique du sang de l'Ascidie. Nous l'avons trouvée égale à $pH = 7,1$, valeur en bon accord avec celle que M. Rapkine et M^lle^ Damboviceanu viennent de publier tout récemment (¹).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fonction cholestérogénique de la rate; influence de la sécrétion interne splénique sur la cholestérogenèse dans les muscles.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **L.-C. Soula**, présentée par M. Charles Richet.

Si l'on dose la cholestérine dans le sang de l'artère et de la veine fémorales d'un chien normal, on trouve généralement un peu plus de cholestérine dans le sang veineux.

Si l'on énerve le membre postérieur par section du tronc du nerf crural et du nerf sciatique et si l'on procède ensuite au dosage de la cholestérine, on obtient un résultat différent : diminution de la cholestérine dans le sang veineux par rapport au sang artériel.

Mais si l'on faradise les bouts périphériques des deux nerfs de façon à provoquer un tétanos musculaire d'une durée de quelques minutes, on constate que les muscles abandonnent au sang plus de cholestérine qu'ils n'en reçoivent.

Il y a donc diminution de la cholestérogenèse dans les muscles énervés, augmentation dans les muscles tétanisés.

Tels sont les faits déjà constatés par Grigaut et Dejace (²).

Connaissant par des recherches antérieures le rôle important de la rate dans la cholestérogenèse (³) nous avons voulu voir comment se comporterait la cholestérogenèse musculaire après ablation de la rate.

L'expérience suivante montre bien l'importance de la sécrétion interne splénique.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 93, nº 36, 1925, p. 1427.

(²) *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, 93, 25 juillet 1925, p. 586.

(³) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1850.

Chien de 14kg à jeun, chloralosé. — On sectionne sur cet animal le tronc du nerf crural et celui du nerf sciatique; puis on faradise les bouts périphériques des deux nerfs pendant 5 minutes.

On dose la cholestérine du sang de l'artère fémorale et de la veine fémorale.

Sang artériel : 1g,258 par litre. Sang veineux : 1g,013 par litre.

Contrairement à ce qui se produit chez l'animal normal, la tétanisation des muscles, au lieu de provoquer l'enrichissement du sang veineux en cholestérine, détermine une diminution de 0g,245 par litre.

On reprend la faradisation et pendant que les nerfs sont ainsi excités, on injecte lentement dans la veine saphène du membre opposé 100cm3 de macération aqueuse de rate filtrée. L'injection se poursuivant lentement, on dose la cholestérine dans le sang de l'artère et dans celui de la veine.

Sang artériel : 1g,258 par litre. Sang veineux : 1g,578 par litre, soit une augmentation de 0g,320 au bout de 5 minutes de faradisation. Après 10 minutes d'excitation, on trouve :

Sang artériel : 1g,250 par litre. Sang veineux : 1g,500 par litre, soit une augmentation de 0g,250. On cesse la faradisation et 10 minutes après, on trouve :

Sang artériel : 1g,364 par litre. Sang veineux : 1g,153 par litre, soit une diminution de 0g,211.

Ainsi la perfusion de l'extrait aqueux de rate a rendu aux muscles tétanisés le pouvoir cholestérogénique dont la splénectomie les avait privés.

Cette intervention de la rate pendant le travail musculaire se manifeste objectivement par les variations de volume de la rate inscrites au moyen du pléthysmographe : au début de la faradisation des bouts périphériques des nerfs du membre postérieur il se produit une courte rétraction de l'organe suivie d'une augmentation de volume qui persiste pendant toute la durée de l'excitation des nerfs. L'excitation cessant, la rate reprend son volume normal. Ces variations de volume s'accompagnent d'un accroissement notable du débit du sang de la veine splénique.

Il existe donc une association fonctionnelle entre la rate et les muscles.

L'activité fonctionnelle splénique est provoquée par les métabolites déversés par les muscles tétanisés dans le sang, car, si l'on pince l'artère et la veine fémorales, il n'y a plus de modifications de volume de la rate.

Enfin l'action de ces métabolites sur la rate n'est pas directe, mais se produit par l'intermédiaire du bulbe. Elle ne se manifeste plus, en effet, après section du bulbe et des nerfs pneumogastriques.

Si nous rapprochons ces résultats *in vivo* de ceux que nous avons obtenus concernant la cholestérogenèse *in vitro* dans le sérum des animaux normaux et dératés, on peut conclure que la rate joue un rôle de première importance dans la formation de la cholestérine.

De quelle nature est ce rôle ? Le sang veineux de la rate en activité, dans l'expérience que nous avons rapportée, ne contient pas plus de cholestérine

que celui de l'organe en repos. Ce n'est donc pas un enrichissement direct en cholestérine, que détermine ici la suractivité rationnelle de la rate, mais un enrichissement indirect par la transformation sous l'influence d'une sécrétion endocrine de certaines substances (acides gras) en cholestérine, comme nous l'avons montré précédemment ([1]).

PROTISTOLOGIE. — *La structure et le cycle évolutif des Infusoires des mues de Crustacés et leur place parmi les* Fœttingeriidæ. Note ([2]) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Minkiewicz ([3]), faisant connaître en 1912 les infusoires *Polyspira Delagei* et *Gymnodinioides incystans*, qu'il a découverts dans les mues de divers Crustacés décapodes, leur attribue certains caractères tout à fait aberrants pour des Ciliés : 1° un chromatophore jaune, vert ou bleu, qui leur vaudrait « une place à part » parmi les Infusoires, et justifierait l'ordre nouveau des *Ciliata chromatophora*; 2° une spire ciliaire régulière qui ferait jusqu'à 15 fois le tour du corps, d'où le nom de Spirotrichiens ou de Spirhyméniens qu'il leur applique.

Il observe une multiplication par divisions successives à l'état libre (*Polyspira*) ou sous un kyste (*Gymnodinioides*), et, dans certains cas, une conjugaison se superposant à cette multiplication : deux individus conjugués avant leur première division se scindent parallèlement et de telle manière que les individus fils restent accouplés deux à deux pendant les scissions (syndesmogamie).

Quant à l'origine des Infusoires qu'il trouve ainsi d'une manière constante dans les mues, l'auteur se demande s'ils ne procèdent pas d'un stade parasite qui aurait son siège sous l'épiderme ou dans l'estomac des hôtes.

L'étude que nous avons faite des *Spirophrya* des Copépodes ([4]) nous a amenés, avant même que nous ne retrouvions les Infusoires de Minkiewicz, à penser que leur « chromatophore » n'est qu'une masse alimentaire absorbée et imprégnée de pigment, que leur ciliature dérive du type à stries méridiennes multiples des Holotriches primitifs, que leur rencontre constante dans les mues doit tenir à l'existence du Cilié à l'état de kystes phorétiques sur la carapace et non à l'intérieur du Crustacé, enfin que, par l'ensemble de leurs caractères, ces Infusoires doivent prendre place avec les

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1850.
([2]) Séance du 21 décembre 1925.
([3]) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 513 et 733, et *Bull. Ac. Sc. Cracovie*, série B, 1913, p. 742.
([4]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1642 ; 180, 1925, p. 229 et 338.

Spirophrya dans la famille des *Fœttingeriidæ* telle que nous la comprenons aujourd'hui. L'étude que nous avons faite cette année à Roscoff et à Banyuls du *Gymnodinioides* et de la Polyspire d'*Eupagurus Prideauxi* nous a permis de vérifier nos vues point par point, comme il ressort de l'exposé ci-dessous du cycle évolutif.

On trouve constamment sur les branchies d'*Eupagurus Prideauxi* des kystes de deux sortes, sessiles et ellipsoïdaux, dont les uns mesurent environ 50^{μ} sur 35^{μ} et les autres environ 25^{μ} sur 15^{μ}. Ce sont les kystes phorétiques : les petits, du *Gymnodinioides*; les gros, de la Polyspire. Les uns et les autres contiennent des enclaves réfringentes colorées en violet ou en rose, comparables aux plaquettes vitellines des œufs par leur aspect, leurs caractères microchimiques et leur rôle physiologique. Elles constituent des matériaux de réserve qui seront progressivement et lentement résorbés avec précipitation, sous forme de grains, du pigment carotinoïde qui les imprègne.

Dès que la mue s'annonce, les Infusoires, sans doute impressionnés par une sécrétion des glandes cutanées, se dékystent et pénètrent entre les deux carapaces. Là, comme les *Spirophrya* dans les cadavres des Copépodes, ils se gonflent très rapidement en absorbant les sécrétions par un minime pertuis buccal. Ils accumulent les substances ainsi absorbées au centre de leur corps en une masse réfringente, vitelloïde, d'abord indivise, incolore ou imprégnée du pigment carotinoïde bleu emprunté au Pagure. C'est là le « Chromatophore » de Minkiewicz. Durant ce gonflement, la forme des petits individus phorétiques se modifie considérablement et leur ciliature, formée d'une dizaine de stries méridiennes, subit des torsions complexes et inégales que nous ne pouvons décrire ici. Il y a là une première métamorphose. Ces individus gonflés, à vitelloïde indivis, quittent la mue après 12 heures, et nagent ou rampent aux alentours. A partir de la 16ᵉ heure pour la Polyspire, la 72ᵉ pour le *Gymnodinioïdes*, commence une deuxième métamorphose : détorsion partielle avec régularisation de la ciliature et fragmentation progressive du vitelloïde central en plaquettes, qui se poursuivra durant la multiplication.

Celle-ci est une palintomie monaxiale et linéaire chez *Polyspira*, où elle s'effectue à l'état libre, triaxiale ou cubique chez *Gymnodinioides* comme chez *Spirophrya*, et s'effectuant comme chez celle-ci sous un kyste. Elle commence vers la 48ᵉ heure chez les premiers, vers la 72ᵉ heure chez les seconds et met, chez l'un et l'autre, une douzaine d'heures à s'effectuer. Elle a été très bien décrite par Minkiewicz ainsi que la conjugaison qui souvent s'y superpose. Les petits individus, mis en présence des Pagures, se fixent sur les branchies, bourrés de plaquettes qui ont la couleur de la masse vitelloïde initiale.

Outre les différences signalées ci-dessus dans leur palintomie, le *Gymno-*

dinioides et la Polyspire en offrent d'autres importantes dans leur morphologie, que Minkiewicz a méconnues et que nous ne pouvons décrire ici. Signalons seulement l'existence de trichocystes chez *Polyspira*, qui font défaut chez *Gymnodinioides*, et par contre la présence chez celui-ci d'une rosace analogue à celle des *Fœttingeria* (Caullery et Mesnil) et des *Spirophrya*, absente chez *Polyspira*.

Mais ce ne sont là que des différences génériques. Dans leurs grandes lignes, la morphologie et le cycle évolutif des Infusoires des mues de Pagures sont identiques à ce que nous ont montré les *Spirophrya* : kystes phorétiques éclosant à la mort et s'accroissant dans le cadavre chez celle-ci; éclosant à la mue et s'accroissant dans ses secrétions chez ceux-là ; absorption des aliments chez les uns et les autres par une bouche minime, accumulation de ces aliments en un vitellus central qui a la propriété de fixer électivement les pigments carotinoïdes du Crustacé, et qui se fragmente progressivement en plaquettes au cours de la multiplication. Ciliature à stries multiples méridiennes, mais toujours plus ou moins tordue en hélice. Multiplication palintomique se compliquant souvent de sexualité, conjugaison remarquable par l'exemple qu'elle offre d'une dissociation entre l'accouplement très précoce et l'activité nucléaire, qui sont séparés par toute la série et la durée des scissions palintomiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif de* Pleistophora periplanetæ. Note de M. **Jivoin Georgévitch**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente ([1]), j'ai décrit la spore de *Pleistophora periplanetæ*, sporozoaire vivant dans les tubes de Malpighi de la Blatte. Dans cette Note, je veux décrire la marche de la schizogonie et de la sporogonie, telle qu'elle résulte de mes recherches.

On trouve souvent des Blattes dont les tubes de Malpighi sont littéralement bourrés de ces parasites à tous les degrés de leur évolution, ou bien arrivés au terme final, aux spores. Le nombre énorme de ces parasites dans les tubes de Malpighi s'explique bien par les différents aspects de multiplication schizogonique, lesquels tous concourent à un même but, à l'auto-infection.

A la base de la schizogonie, se trouve un élément sphérique, uninucléé, mesurant $1^{\mu},5$-$2^{\mu},5$. Il montre un protoplasme bien homogène au centre duquel se trouve un noyau vésiculeux bien différencié, avec une membrane et un caryosome de position plus ou moins centrale. Ces éléments uninucléés qui ne diffèrent en rien des éléments initiaux des Myxo et Micro-

([1]) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1191.

sporidies, si ce n'est par leur petitesse, représentent des pansporoblastes qui se multiplient par divisions très souvent répétées pour former de petits amas. En se séparant, chaque pansporoblaste peut suivre des voies différentes et peut revêtir ainsi les aspects divers de la schizogonie. Le pansporoblaste isolé, ou bien s'accroît démesurément pour devenir un plasmode plus ou moins grand au sein duquel se multiplient les noyaux et se passent les phénomènes de la schizogonie en même temps que ceux de la sporogonie, — ou bien, tout en s'accroissant, ce pansporoblaste se morcelle en autant d'éléments uninucléés qu'il y a eu de noyaux, — ou bien enfin le plasmode agrandi bourgeonne, ou bien le plasmode tout entier se morcelle en deux ou plusieurs parties plurinucléées (plasmotomie).

L'aspect de toutes ces images a été plus ou moins bien vu et interprété par Perrin (1906), Schiwago (1909), Epstein (1911), Swarcewsky (1914). Mais les structures cytologiques ont été le plus souvent méconnues, malgré la certitude avec laquelle ces auteurs ont présenté leurs résultats. Ainsi nos préparations laissent nettement voir les structures normales des noyaux et du protoplasme dans tous les cas où, chez nos devanciers, il y a disparition des noyaux ou, à leur place, réseau chromidial sans noyaux bien différenciés. Il s'ensuit que toutes les spéculations qu'on a faites sur le rôle de ces chromidies et de la chromidiogamie, de même que de la reconstruction des noyaux aux dépens de ces chromidies, ne correspondent pas à la réalité. En les étudiant, on voit bien que ces auteurs étaient sous l'influence de la théorie chromidiale, laquelle, d'après les dernières recherches, n'a pas la valeur que ses fondateurs ont voulu lui attribuer. De même le fait énoncé par Schiwago de l'association et même de la fusion des plasmodes jusqu'alors séparés, ne repose pas sur des faits réels.

Les plasmodes laissent nettement apercevoir l'ectoplasme hyalin et l'entoplasme plus ou moins granuleux. Ces granules, que d'autres ont reconnu de nature de volutine et qui peuvent être de taille différente, quelquefois plus grands que les noyaux, ont joué un assez grand rôle dans l'explication de la constitution de ces êtres, et quelques auteurs n'ont pas hésité à les identifier avec les noyaux capsulogènes, voire même avec les noyaux valvaires des autres Microsporidies. Sur les coupes des tubes de Malpighi parasités, en voit bien les pseudopodes par lesquels se fixent les plasmodes aux parois des tubes ou les uns sur les autres. Mais, dans aucun cas, je n'ai vu une forme quelconque intracellulaire. A aucun moment de son évolution, ce parasite n'est intracellulaire.

La sporogonie également se passe tout autrement que nos devanciers ne l'ont décrit. Ici aussi, il existe une grande diversité de vues.

Tout d'abord il est à constater qu'il y a des formations monosporées comme aussi polysporées. Ainsi un pansporoblaste une fois formé peut

entrer de suite dans la voie de la sporogonie (monosporée) ou plus tard, après avoir multiplié ses noyaux. Dans un pansporoblaste qui va devenir une spore, après une phase de croissance, ce noyau se divise plusieurs fois pour atteindre le nombre six. Cinq de ces noyaux s'entourent de protoplasme pour devenir deux cellules valvaires, une cellule capsulogène et deux gamètes. Le sixième noyau, situé dans le peu de protoplasme non différencié, représente le noyau végétatif. Dans le cas de formation polysporée, tout se passe de la même manière que nous avons récemment décrit pour *Coccomyxa*. Ainsi s'explique le grand nombre de spores formé dans le même plasmode tel qu'on l'observe le plus souvent à l'intérieur des tubes de Malpighi.

Le phénomène sexuel d'après cela ne peut être qu'une autogamie, qui doit s'exercer vers la fin de la sporulation, comme chez les Myxosporidies les mieux étudiées.

De tout ce qui précède, on voit que les phénomènes schizogoniques et la sporogonie se passent comme chez les Myxosporidies. Nous avons déjà montré la similitude de leurs spores. Ainsi donc, à l'opposé de tout ce qui a été dit jusqu'à présent sur ce sujet, nous trouvons que ce parasite, tout en revêtant l'aspect microsporidien, est en réalité très proche des Myxosporidies, surtout des *Coccomyxidæ*. A en juger d'après les dessins des spores d'*Ichthyosporidium* de Swarcewsky, il existe une similitude frappante avec notre *Pleistophora*. Cette similitude a conduit Swarcewsky à ranger ces deux êtres dans les *Haplosporidies*.

En se basant sur les affinités étroites de tous ces êtres, on peut les grouper dans l'ordre de *Crypturosporidia*, qu'on peut placer entre les Myxosporidies et les Microsporidies. Ces êtres présentent avec les Microsporidies les affinités les plus étroites par l'aspect de la spore et le développement.

Ce sont donc des Sporozoaires monosporés ou polysporés, vivant librement dans les cavités organiques ou formant des kystes, sans jamais passer par le stade intracellulaire, comme c'est le cas pour les vraies Microsporidies.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Baikoff**, Recteur de l'Institut Polytechnique de Léningrad, Professeur de métallurgie générale au même Institut, qui assiste à la séance.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme indépendant de la température.* Note de M. **Pierre Weiss**.

Mlle Paule Collet a trouvé récemment dans le chlorure lutéocobaltique [1] un deuxième exemple de substance paramagnétique en solution possédant un coefficient d'aimantation indépendant de la température. Le premier avait été fourni par le bichromate de potassium [2].

Il y a lieu de souligner l'importance de ce fait du point de vue des théories du paramagnétisme.

Si les molécules de la substance dissoute possédaient un moment différent de zéro, les postulats de la théorie statistique étant satisfaits, il en résulterait un paramagnétisme variable avec la température. Puisqu'il n'en est pas ainsi, on doit admettre que le moment moléculaire est nul.

Le paramagnétisme constant pourrait alors provenir d'une polarisation produite par le champ et analogue, au signe près, au diamagnétisme. Mais, tandis que la précession des orbites électroniques dans le champ explique

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1057.

(2) Pierre Weiss et Paule Collet, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2146.

le diamagnétisme, on n'aperçoit aucun mécanisme plausible de la polarisation paramagnétique. Il faut donc écarter cette hypothèse.

Une orbite électronique, considérée seule, possédant un moment magnétique, il est plus naturel d'admettre que, dans le cas du paramagnétisme constant, les moments élémentaires existent, mais que pour la molécule leur résultante est nulle.

Dans le cas du bichromate de potassium, la molécule contenant deux atomes de chrome, on peut supposer que chacun d'eux porte un moment et que, liés rigidement l'un à l'autre, ils sont dirigés en sens contraire, de manière à se compenser.

Mais dans le chlorure lutéocobaltique la molécule ne comprend qu'un seul atome de cobalt. On est donc obligé de rejeter la compensation des moments élémentaires à l'intérieur même de l'atome. Par conséquent le mécanisme de l'aimantation constante comporterait une orientation, mais d'une partie seulement de l'atome; *le paramagnétisme constant serait un phénomène intra-atomique*.

La constatation faite par M[lle] Paule Collet (*loc. cit.*) de l'identité du paramagnétisme constant du bichromate de potassium en solution et à l'état solide étend la portée de la conclusion précédente au corps solide. En outre elle fournit un argument de plus en faveur du caractère intra-atomique du phénomène. Dans le réseau cristallin les molécules perdent, en effet, leur individualité, puisque rien dans la structure n'implique l'association en molécules des atomes qui occupent les nœuds des réseaux.

M. **J.-L. Breton** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage, dont il a écrit la *Préface*, intitulé *Les Brevets d'Invention*, par MM. **Robert Moureaux** et **Charles Weismann**.

La question de la protection de la propriété intellectuelle et scientifique a, au cours de ces dernières années, retenu l'attention générale. Rien n'est plus légitime, en effet, que de donner aux savants et aux chercheurs les moyens nécessaires à la défense des droits que peuvent leur conférer leurs découvertes; il serait parfaitement injuste, et l'on peut même dire profondément immoral, que les résultats de l'activité intellectuelle, dans sa forme la plus haute, fussent dépourvus de toute protection.

On sait qu'actuellement les lois permettant la défense de la propriété scientifique en elle-même sont encore à l'état de projets. Néanmoins, les chercheurs peuvent trouver dans la législation en vigueur les moyens de

protéger efficacement, sinon le principe de leurs découvertes, du moins les applications industrielles dont elles sont susceptibles.

L'ouvrage de MM. Moureaux et Weismann apporte sur ce point des éclaircissements précieux, notamment dans les chapitres où les auteurs donnent des directives pour la rédaction des demandes de brevets. Dans cette partie absolument originale de leur traité, MM. Moureaux et Weismann exposent de la façon la plus claire et la plus précise comment une invention peut être protégée dans toute sa généralité. Ces pages qui, à notre connaissance, n'ont d'analogues dans aucun ouvrage du même ordre, rendront aux chercheurs des services dont il est inutile de souligner l'importance. Les chapitres relatifs à l'application de la loi sur les brevets dans certaines industries, telles que les textiles, les produits chimiques, les procédés de culture, apportent, sur ces questions généralement mal connues, des données très exactes et méritent à ce titre de retenir spécialement l'attention.

Il va sans dire que ce Traité, très complet, comporte également de très importantes études sur la législation, la procédure, le droit comparé, etc. Ce remarquable ensemble technique et juridique fait de cet ouvrage un instrument précieux pour les chercheurs et les inventeurs, qui nous a paru digne d'être signalé à notre Compagnie.

M. A. Calmette fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. G. Ichok intitulé : *La protection sociale de la santé. L'action médico-sociale*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le Directeur de l'Institut national agronomique prie l'Académie de désigner un de ses Membres qui occupera dans le *Conseil d'administration* de cet établissement la place vacante par le décès de M. *E. Tisserand*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Actualités métallurgiques : Aciers spéciaux de construction. Aciers autotrempants. Les points critiques des métaux et alliages. Solidification du cuivre*

oxydé. Sondabilité et rouverain de l'acier doux. La trempe. Le ferromagnétisme, par PIERRE DEJEAN. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

2° Bureau central de Magnétisme terrestre. *Atlas magnétique*, publié sous la direction de CH. MAURAIN, avec la collaboration de L. EBLÉ, par Mme DE MADINHAC et Mlle HOMERY. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

M. V. **Michkovitch** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

Mlle Y. **Trouard Riolle** remercie l'Académie de la subvention qui lui a été accordée en 1925 sur la *fondation Loutreuil*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les substitutions du groupe modulaire complexe.* Note (1) de M. **Ph. Le Corbeiller.**

I. Soit $S = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ une substitution du groupe modulaire Γ attaché au corps quadratique $\mathcal{Q}(\sqrt{-P})$, où $P =$ mult. $4+1$ ou 2. J'ai montré (2) que si l'on pose

$$\alpha + \delta = a + b\sqrt{-P},$$

l'équation

$$(1) \qquad 2X^2 - (a^2 + Pb^2)X + a^2 - Pb^2 - 2 = 0$$

a pour racines $\operatorname{ch}\frac{d}{R}$ et $\cos\varphi$, $\frac{d}{R}$ et φ étant la longueur et l'angle caractéristiques du déplacement cayleyen correspondant à la substitution S.

Dans la présente Communication j'indique de nouvelles conséquences de ce fait et je rectifie en la complétant la deuxième Note citée.

II. L'angle φ est, d'après la première Note, soit incommensurable à 2π, soit égal à $\frac{2\pi}{n}$, n ne pouvant prendre que les valeurs 1, 2, 3, 4, 6. Si l'on écrit que l'équation (1) est satisfaite par $\cos\frac{2\pi}{4}$ ou $\cos\frac{2\pi}{6}$, on trouve que les

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 63 et 288.

entiers ordinaires a et b doivent satisfaire aux relations suivantes :

$$(2)\quad (n=4)\qquad a^2-\ \mathrm{P}b^2=2,$$
$$(3)\quad (n=6)\qquad a^2-3\mathrm{P}b^2=3.$$

Il est donc *nécessaire*, pour que le groupe $\Gamma(\sqrt{-\mathrm{P}})$ contienne des substitutions loxodromiques d'angle $\frac{\pi}{2}$ (des L_4), que l'équation indéterminée (2) admette des solutions, ou encore que les formes quadratiques réelles suivantes soient équivalentes :

P pair,

$$x^2-\mathrm{P}y^2\sim 2x^2-\frac{\mathrm{P}}{2}y^2;$$

P impair,

$$x^2-\mathrm{P}y^2\sim 2x^2+2xy-\frac{\mathrm{P}-1}{2}y^2.$$

De même, il est *nécessaire*, pour que le groupe admette des L_6, que l'on ait

$$x^2-3\mathrm{P}y^2\sim 3x^2-\mathrm{P}y^2.$$

Ainsi, alors qu'il y a des L_2 et des L_3 dans tous les groupes $\Gamma(\sqrt{-\mathrm{P}})$, il existe une infinité de valeurs de P pour lesquelles on peut affirmer que le groupe $\Gamma(\sqrt{-\mathrm{P}})$ ne peut contenir de L_4 ou de L_6. Le groupe de Picard ($\mathrm{P}=1$) en est le premier exemple.

III. Soit F ou $(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ une forme quadratique à coefficients complexes conservée par la substitution S, $\mathcal{D}$ son déterminant; on peut écrire S de la manière suivante :

$$\begin{pmatrix} t-\mathcal{B}u & -\mathcal{C}u \\ \mathcal{A}u & t+\mathcal{B}u \end{pmatrix},$$

t, u étant des fractions du corps $\mathcal{C}(\sqrt{-\mathrm{P}})$ satisfaisant

$$(4)\qquad t^2-\mathcal{D}u^2=1,$$

on a d'ailleurs

$$(5)\qquad 2t=\alpha+\delta=a+b\sqrt{-\mathrm{P}}.$$

Des relations (2), (4) et (5) on peut tirer

$$\mathcal{D}=-\left(\frac{a-b\sqrt{-\mathrm{P}}}{2u}\right)^2,$$

et, comme $\mathfrak{D}$ est un entier, on en conclut que, pour qu'une forme F soit conservée par une L_4 il est *nécessaire* que son déterminant soit du type $-\mu^2$, μ entier du corps.

Un raisonnement analogue montre que, pour qu'une forme F soit conservée par une L_3 ou une L_6 il est *nécessaire* que son déterminant soit du type $-3\mu^2$.

IV. Il existe des formes dont le discriminant est du type $-\mu^2$ ou $-3\mu^2$. et dont les coefficients ne sont pas divisibles séparément par l'entier μ. Par suite de l'existence de ces formes, que j'avais omis de considérer dans ma deuxième Note, le tableau des substitutions conservant une forme quadratique doit être modifié comme il suit par l'addition de deux lignes, $\mathfrak{D}=-\mu^2$ ou $-3\mu^2$, les autres lignes du tableau restant sans changement :

$\mathfrak{D}\mathfrak{D}_0$ carré parfait :

$\mathfrak{D}=-1$,	H, E_2	et parfois	L_4,
$\mathfrak{D}=-3$,	H, E_3	»	L_6,
$\mathfrak{D}=-\mu^2$,	H	»	L_2, L_4,
$\mathfrak{D}=-3\mu^2$,	H	»	L_3, L_6,
tous autres cas,	H	»	L_2.

J'ai formé effectivement des exemples de ces différents cas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hyperharmoniques.* Note [1] de M. **Ladislas Nikliborc**, présentée par M. J. Hadamard.

Le but de cette Note est de compléter sur quelques points les résultats publiés dons une Note antérieure [2].

1. Considérons l'hypersphéroïde $(T_H^{(1)})$, défini par les cercles

$$|z_1|=R_1^{(1)},\qquad |z_2|=R_2^{(1)},$$

et un autre $(T_H^{(2)})$, concentrique, défini par les cercles

$$|z_1|=R_1^{(2)},\qquad |z_2|=R_2^{(2)},$$

où $R_1^{(1)}\neq R_1^{(2)}$ et $R_2^{(1)}\neq R_2^{(2)}$. Nous appellerons couronne hypersphéroïdale (T_c) l'ensemble des points $(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$, pour lesquels

$$(r_1-R_1^{(1)})(r_1-R_1^{(2)})\leqq 0,$$
$$(r_2-R_2^{(1)})(r_2-R_2^{(2)})\leqq 0.$$

(1) Séance du 28 décembre 1925.

(2) *Sur les fonctions hyperharmoniques* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1008).

Soit maintenant $u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2)$ une fonction doublement harmonique dans (T_c), c'est-à-dire soit

$$(1) \qquad \Delta_1 u = 0, \qquad \Delta_2 u = 0.$$

à l'intérieur de (T_c).

On obtient facilement le développement

$$(2) \qquad u(r_1 \varphi_1, r_2 \varphi_2) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} [a_{mn}^{(1)} \cos m\varphi_1 \cos n\varphi_2 + a_{mn}^{(2)} \cos m\varphi_1 \sin n\varphi_2 + a_{mn}^{(3)} \sin m\varphi_1 \cos n\varphi_2 + a_{mn}^{(4)} \sin m\varphi_1 \sin n\varphi_2],$$

où l'on a

$$(3) \quad \begin{cases} a_{0,0}^{(1)} = \alpha_{0,0}^{(1)} + \beta_{0,0}^{(1)} \log r_1 + \gamma_{00}^{(1)} \log r_2 + \delta_{00}^{(1)} \log r_1 \log r_2, \\ a_{00}^{(i)} = 0 \text{ pour } i = 2, 3, 4, \\ a_{m,0}^{(i)} = [\alpha_{m,0}^{(i)} + \beta_{m0}^{(i)} \log r_2] r_1^m + [\gamma_{m0}^{(i)} + \delta_{m0}^{(i)} \log r_2] r_1^{-m} \\ \qquad \text{pour } i = 1, 3 \text{ et } m > 0, \\ a_{m,0}^{(i)} = 0 \text{ pour } i = 2, 4 \text{ et } m > 0, \\ a_{0n}^{(i)} = [\alpha_{0n}^{(i)} + \beta_{0n}^{(i)} \log r_1] r_2^n + [\gamma_{0n}^{(i)} + \delta_{0n}^{(i)} \log r_1] r_2^{-n} \\ \qquad \text{pour } i = 1, 2 \text{ et } m > 0, \\ a_{0n}^{(i)} = 0 \text{ pour } i = 3, 4 \text{ et } m > 0, \\ a_{mn}^{(i)} = \alpha_{mn}^{(i)} r_1^m r_2^n + \beta_{mn}^{(i)} r_1^m r_2^{-n} + \gamma_{mn}^{(i)} r_1^{-m} r_2^n + \delta_{mn}^{(i)} r_1^{-m} r_2^{-n} \\ \qquad \text{pour } i = 1, 2, 3, 4 \text{ et } m > 0,\ n > 0. \end{cases}$$

La série (2) converge dans (T_c), la convergence étant uniforme dans tout domaine fermé h situé entièrement à l'intérieur de (T_c). Réciproquement : si la série (2) est convergente uniformément dans tout domaine fermé situé entièrement à l'intérieur de (T_c), elle représente une fonction doublement harmonique à l'intérieur de (T_c).

2. Supposons maintenant que la fonction u, étant doublement harmonique, satisfasse encore à l'équation

$$\nabla_1 u = 0.$$

On peut, dans ce cas, mettre le développement (2) sous la forme

$$(4) \quad \begin{cases} u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \alpha_{00} + \beta_{00} \log n_1 + \gamma_{00} \log n_2 \\ \qquad + \sum\limits_{\substack{m=0 \\ m+n \geq 1}}^{\infty} \sum\limits_{n=0}^{\infty} [a_{mn}^{(1)} \cos(m\varphi_1 + n\varphi_2) + a_{mn}^{(2)} \cos(m\varphi_1 - n\varphi_2) \\ \qquad + a_{mn}^{(3)} \sin(m\varphi_1 + n\varphi_2) + a_{mn}^{(4)} \sin(m\varphi_1 - n\varphi_2)], \end{cases}$$

où

$$(5) \quad \begin{cases} a_{mn}^{(i)} = \alpha_{mn}^{(i)} r_1^m r_2^n + \delta_{mn}^{(i)} r_1^{-m} r_2^{-n} & \text{pour } i = 1, 3; \\ a_{mn}^{(i)} = \beta_{mn}^{(i)} r_1^m r_2^{-n} + \gamma_{mn}^{(i)} r_1^{-m} r_2^n & \text{pour } i = 2, 4. \end{cases}$$

La réciproque est vraie.

3. On démontre de même que, pour une fonction u doublement harmonique et satisfaisant à l'équation

$$\nabla_2 u = 0,$$

le développement (2) peut se mettre sous la forme

$$(6)\qquad u(r_1, \varphi_1, r_2, \varphi_2) = \alpha_{00} + \beta_{00}\log r_1 + \gamma_{00}\log r_1 + \delta_{00}\log r_1 \log r_2 + \sum_{\substack{m=0 \\ m+n\geq 1}}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty},$$

où la somme double est entièrement identique avec celle de la formule (4).

La réciproque est encore vraie.

4. Dans la Note citée nous avons démontré qu'une fonction u, régulière à l'origine, et satisfaisant à l'un des systèmes d'équations

$$(7)\qquad \Delta_1 u = \Delta_2 u = \nabla_1 u = 0,$$
$$(8)\qquad \Delta_1 u = \Delta^2 u = \nabla_2 u = 0,$$

est nécessairement hyperharmonique.

Ce sont MM. Hadamard et Maurice Janet qui ont attiré mon attention sur le fait que la proposition cesse d'être exacte, si la fonction u n'est pas régulière à l'origine. En particulier M. Janet a remarqué que, pour les fonctions ayant une singularité logarithmique à l'origine les équations (8) n'entraînent pas l'équation $\nabla_1 u = 0$.

Voici la solution complète de cette question pour les fonctions *uniformes :*

1° *Si la fonction u satisfait au système* (7), *elle est nécessairement hyperharmonique à l'intérieur du* (T_C).

2° *Si la fonction u satisfait au système* (8), *il existe une constante* δ_{00} *telle, que la fonction*

$$u - \delta_{00}\log r_1 \log r_2$$

est hyperharmonique dans (T_C).

5. Dans cet ordre d'idées on peut encore démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Si la fonction u satisfait aux équations*

$$\nabla_1 u = 0, \qquad \nabla_2 u = 0,$$

on peut trouver deux fonctions $f_1(r_1, \varphi_1)$, $f_2(r_2, \varphi_2)$, *telles que la fonction*

$$u(r_1\varphi_1, r_2\varphi_2) - f_1(r_1, \varphi_1) - f_2(r_2, \varphi_2)$$

soit hyperharmonique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'uniformisation d'une classe de fonctions définies par des séries entières à coefficients méromorphes*. Note de M. J. **Kampé de Fériet**, présentée par M. Hadamard.

Considérons une fonction, dont un élément est défini par la série

$$F(x) = \sum_{0}^{+\infty} f(n)\, x^n,$$

$f(z)$ étant *une fonction méromorphe*, produit d'une fraction rationnelle $R(z)$ par une fonction entière $g(z)$, dont le module est moins croissant que $e^{\varepsilon|z|}$, quelque petit que soit le nombre positif ε, série qui ne converge que pour $|x| < 1$. Les travaux de MM. Le Roy ([1]), Faber, Wigert, Lindelöf ont établi que la fonction représentée par une telle série n'a d'autres points singuliers que 0, 1 et ∞. Si donc l'on fait le changement de variable défini par la fonction modulaire $x = \varphi(\tau)^8$, toute branche de $F(x)$ (dont les seuls points singuliers possibles sont $x = 0, 1, \infty$) devient une fonction uniforme de τ holomorphe dans tout domaine fini du demi-plan $\mathcal{R}(-i\tau) > 0$.

Il peut être intéressant de donner par ce procédé un calcul effectif de la fonction $F(x)$ ainsi définie, calcul conduisant à une expression valable dans tout ce plan.

Supposons d'abord tous les pôles simples ([2]), on peut toujours se ramener au cas où $f(z) = g(z)(z+\alpha)^{-1}$; dans ce cas, on a

$$\frac{d}{dx}[x^\alpha F(x)] = x^{\alpha-1} G\left(\frac{1}{1-x}\right),$$

en désignant par G la fonction entière définie par la série $\Sigma g(n) x^n$; posons

$$x = \varphi(\tau)^8 = 2^4 q \prod_1^\infty (1+q^{2n})^8 \prod_1^\infty (1+q^{2n-1})^{-8}, \qquad q = e^{\pi i \tau};$$

x est ainsi une fonction uniforme de τ dans tout le demi-plan $\mathcal{R}(-i\tau) > 0$:

$$\frac{d}{d\tau}[x^\alpha F(x)] = \pi i\, x^\alpha \frac{q}{x} \frac{dx}{dq} G\left(\frac{1}{1-x}\right) = \Phi(\tau_i).$$

([1]) *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 2e série, **2**, 1900, p. 348.

([2]) Bien entendu aucun pôle ne doit être entier positif ou nul.

Le produit infini qui représente x^{α} est uniformément convergent dans tout domaine fini D du demi-plan et aucun de ses facteurs n'a de point de ramification intérieur à D; de même la série :

$$\frac{q}{x}\frac{dx}{dq} = 1 + 8\sum_{1}^{\infty}\frac{(-1)^n n q^n}{1+q^n},$$

converge uniformément dans D; on peut trouver un nombre positif A tel que, pour tout point de D, $|1-x| = |\psi(\tau)^8| > A$; donc le développement de G est uniformément convergent dans D et, tous ses termes étant holomorphes, G est une fonction holomorphe de τ, dans D. Par conséquent $\Phi(\tau)$ est une fonction uniforme de τ, holomorphe dans D; il en est donc de même de toute branche de la fonction considérée, qui se trouve représentée d'une manière uniforme par

$$F(x) = x^{-\alpha}\int_{\tau_0}^{\tau}\Phi(\tau)\,d\tau.$$

Le cas d'un pôle multiple se ramène à celui-ci par récurrence; en effet, soit $f_1(z) = g(z)(z+\alpha)^{-2}$, on a pour la fonction correspondante $F_1(x)$:

$$\frac{d}{d\tau}[x^{\alpha}F_1(x)] = \pi i x^{\alpha}\frac{q}{x}\frac{dx}{dq}F(x) = \pi i\frac{q}{x}\frac{dx}{dq}\int_{\tau_0}^{\tau}\Phi(\tau)\,d\tau,$$

et le second membre est une fonction holomorpbe de τ.

Dans le cas particulier où la fonction entière $g(z)$ se réduit à une constante, $f(z)$ devient rationnelle. *La proposition s'applique donc à toutes les fonctions* $F(x)$ *définies par des séries à coefficients rationnels*; la démonstration est, dans ce cas, tout à fait indépendante du théorème de M. Le Roy, puisqu'il est évident que G se réduit à un polynome en $1:(1-x)$.

On remarquera que l'application à $\Phi(\tau)$ des substitutions fondamentales du groupe modulaire donne un moyen simple d'obtenir l'effet sur une branche de $F(x)$ d'un circuit de x autour de l'un des trois points critiques.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la covariation binaire.* Note de M. Constant Lurquin, présentée par M. Émile Borel.

1. En statistique mathématique, le concept de covariation est une notion caractéristique et dominante. La littérature mathématique qui y correspond est fort riche et très copieuse. Pearson emploie systématiquement le terme

corrélation; MM. March et Julin s'en tiennent au mot covariation. D'autre part on comprend l'intérêt et l'importance de cette théorie statistique qui réalise un haut idéal mathématique : l'étude des éléments remplacée par celle des relations mutuelles entre les éléments. Disons tout de suite qu'une extrême prudence et un esprit critique averti s'imposent impérieusement quant à l'interprétation des résultats mathématiques.

Dans une Note antérieure (¹), nous avons fait connaître un opérateur de caractère différentiel pour la fonction de corrélation normale à n variables. L'application de cet algorithme fonctionnel au cas de la covariation binaire est intéressante et montre qu'il est possible de substituer à la théorie directe une étude algébrique de caractère symbolique et mettant en évidence une généralité et une symétrie toujours désirables.

2. On a la fonction classique de covariation normale à deux variables

$$Z(X, Y) = \frac{1}{2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{R}} e^{-\frac{1}{2R}\left(\frac{X^2}{\sigma_X^2}+\frac{Y^2}{\sigma_Y^2}-\frac{2rXY}{\sigma_X\sigma_Y}\right)}$$

sous la forme canonique avec $R = 1 - r^2$.

Les variables X, Y sont prises à partir de leurs valeurs moyennes et σ_X, σ_Y en sont les déviations normales correspondantes. r est le coefficient de covariation entre X et Y.

Pour simplifier l'écriture on emploie des coordonnées normales $x = \frac{X}{\sigma_X}$; $y = \frac{Y}{\sigma_Y}$ et l'on pose

$$z(x, y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{R}} e^{-\frac{1}{2R}(x^2+y^2-2rxy)}.$$

D'où

$$Z(X, Y)\,\sigma_X\sigma_Y = z(x, y).$$

L'application de l'opérateur fonctionnel Θ donne aisément

$$\Theta_X(Z) = \frac{X}{\sigma_X}Z, \qquad \Theta_x(z) = xy,$$

et de même pour la variable y. On en déduit

$$r = \Theta_x(x)\,\Theta_x(y) = \Theta_y(x)\,\Theta_y(y), \qquad \Theta_x(x)\,\Theta_y(y) = 1$$

et aussi

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\Theta_\alpha(Z)\,\sigma_\alpha}{\alpha}\,dX\,dY = 1 \qquad (\alpha = X, Y)$$

pour le volume de la surface de covariation normale.

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1788.

On a pour les seconds moments statistiques en X et Y :

$$\iint \alpha\Theta_\alpha(Z)\,\sigma_\alpha\,dX\,dY = \sigma_\alpha^2 \qquad (\alpha = X, Y),$$

et encore pour la valeur moyenne du produit XY :

$$\iint \Theta_X(Z)\,\Theta_Y(Z)\,Z^{-1}\sigma_X\sigma_Y\,dX\,dY = r\,\sigma_X\sigma_Y, \quad \dots.$$

Toutes les intégrales ont respectivement pour limites $\pm\infty$.

3. La nature différentielle de l'opérateur fonctionnel est féconde pour le calcul des puissances dont l'expression générale est très simple. Entre trois opérateurs de puissances consécutives on a la relation

$$\Theta_\alpha^{n+1}(z) - \alpha\Theta_\alpha^n(z) + n\Theta_\alpha^{n-1}(z) = 0 \qquad (\alpha = x, y).$$

Les relations antérieures peuvent s'étendre au cas de n variables.

Il est donc possible de concevoir une algèbre de la covariation et même une théorie d'analyse pour ce concept statistique. Le problème serait ainsi renouvelé sur le terrain mathématique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les conditions d'un choc binaire dans le problème des trois corps.* Note [1] de M. **Riveliovitch**, présentée par M. Hadamard.

Soient M_0, M et M' les trois corps de masses m_0, m et m', x_i et x'_i les coordonnées de m et m' rapportées à m_0; p_i et p'_i les composantes des quantités de mouvement absolues correspondantes. On a le système canonique de Poincaré

$$(1)\qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}; \qquad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}; \qquad \frac{dx'_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p'_i}, \qquad \frac{dp'_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x'_i} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où

$$H = \mu\sum_1^3 p_i^2 + \mu'\sum_1^3 p_i p'_i + \mu''\sum_1^3 (p'_i)^2 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\alpha'}{r'} - \frac{\alpha''}{r''} = E;$$

$$\mu = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{M_0} + \frac{1}{M}\right); \qquad \mu'' = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{M_0} + \frac{1}{M'}\right);$$

Les intégrales des aires

$$x_i p_{i+1} - x_{i+1} p_i + x'_i p'_{i+1} - x'_{i+1} p'_i = a_{i+2} \qquad [\text{les indices sont} \equiv (\text{mod } 3)].$$

---

[1] Séance du 4 janvier 1926.

Pour exclure le cas d'un choc triple, il faut supposer avec M. Sundmann

$$\sum_{1}^{3} \alpha_i^2 \neq 0.$$

Pour régulariser le problème dans le cas d'un choc binaire M_0M en conservant la forme canonique des équations (I), appliquons la transformation de M. Levi-Cività (¹)

$$K = r(H - E); \qquad du = \frac{dt}{r}\,(u = 0 \text{ pour } t = 0); \qquad x_i = \zeta_i\omega^2 - 2\omega_i \sum_{1}^{3} \zeta_j\omega_j;$$

$$p_i = \frac{\omega_i}{\omega^2}; \qquad (\omega^2 = \Sigma\omega_i^2;\ \zeta^2 = \Sigma\zeta_i^2;\ r = \zeta\omega^2).$$

Le système devient

$$\text{(II)} \qquad \frac{d\zeta_i}{du} = \frac{\partial K}{\partial\omega_i}; \qquad \frac{d\omega_i}{du} = -\frac{\partial K}{\partial\zeta_i}; \qquad \frac{dx'_i}{du} = \frac{\partial K}{\partial p'_i}; \qquad \frac{dp'_i}{du} = -\frac{\partial K}{\partial x'_i},$$

$$K = -\alpha + \mu\zeta + \mu' \sum_{1}^{3} p_i\omega_i + \zeta\omega^2 \left[\mu'' \Sigma(p'_i)^2 - \frac{\alpha'}{r'} - \frac{\alpha''}{r''} - E\right] = 0.$$

Les intégrales des aires deviennent

$$\zeta_{i+1}\omega_i - \zeta_i\omega_{i+1} + x'_{i+1}p'_i - x'_i p'_{i+1} = a_{i+2} \qquad [\text{les indices sont} \equiv (\text{mod } 3)].$$

Le système (II) est régulier au voisinage du choc et en ce point on a

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 0,$$

les ζ_i n'étant pas nulles toutes à la fois. On peut donc développer au voisinage de $u = 0$ les ζ_i, ω_i, x'_i et p'_i suivant les puissances croissantes de u. On aura

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} \zeta_i - \zeta_i^0 = u A_i(\zeta_j'^0, x_j'^0, p_j'^0; u); \qquad x'_i - x_i'^0 = u X_i(\zeta_j^0, x_j'^0, p_j'^0; u); \\ p'_i - p_i'^0 = u P_i(\zeta_j^0, x_j'^0, p_j'^0; u) \end{cases}$$

et

$$\text{(III')} \qquad \omega_i = u\,\Omega_i(\zeta_i^0, x_j'^0, p_j'^0, u) \qquad (i, j = 1, 2, 3).$$

Les q équations (III) représentent une substitution entre les variables ζ_i, x'_i, p'_i et les $\zeta_i'^0$, $x_i'^0$, $p_i'^0$. On peut faire une inversion, on trouve

$$\text{(IV)} \quad \begin{cases} \zeta_i^0 = \zeta_i + u\overline{A_i}[\zeta_j, x'_j, p'_j; u]; \qquad x_i'^0 = x'_i + u\overline{X_i}[\zeta_j, x'_j, p'_j; u]; \\ p_i'^0 = p'_i + u\overline{P_i}[\zeta_j, x'_j, p'_j; u]. \end{cases}$$

(¹) *Acta Mathematica*, **42**, 1918, p. 99-143.

En substituant les valeurs des ζ_i^0, $x_i'^0$ et $p_i'^0$ de (IV) dans (III') on trouve

$$\text{(IV')} \qquad \omega_i = u\overline{\Omega}_i(\zeta_j, x'_j, p'_j, u) \qquad (i, j = 1, 2, 3).$$

Par un raisonnement analogue à celui de M. Bisconcini ([1]), on peut s'assurer que les fonctions $\overline{\Lambda}_i$, $\overline{X}_i$, $\overline{P}_i$ et $\overline{\Omega}_i$ sont régulières.

Les équations (IV') représentent les conditions du choc binaire. En éliminant u entre ces trois équations, on a les deux conditions du choc binaire.

Pour calculer $\overline{\Omega}_j = a_j^0 + a_j^1 u + a_j^2 u^2 + \ldots$ (les a_j^k sont fonctions des ξ_i, x'_i, p'_i) différentions (IV') par rapport à u, on trouve

$$\frac{d\omega_i}{du} - \frac{\partial(u\overline{\Omega}_i)}{\partial u} - u\sum_1^3{}^j \left(\frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial\xi_j}\frac{d\xi_j}{du} + \frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial x'_j}\frac{dx'_j}{du} + \frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial p'_j}\frac{dp'_j}{du}\right) = 0.$$

En substituant les $\frac{\partial\xi_j}{\partial u}$, $\frac{\partial x'_j}{\partial u}$, $\frac{d\omega_i}{du}$ et $\frac{dp'_j}{du}$ par leurs valeurs tirées du système (II), on trouve finalement :

$$\text{(V)} \qquad -\frac{\partial K}{\partial\xi_i} = \overline{\Omega}_i + u\frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial u} + u\sum_1^3{}^j \left(\frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial\xi_j}\frac{\partial K}{\partial\omega_i} + \frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial x'_j}\frac{\partial K}{\partial p'_j} - \frac{\partial\overline{\Omega}_i}{\partial p'_j}\frac{\partial K}{\partial x'_j}\right).$$

En développant K suivant les puissances de ω_i, donc de u, et en égalant dans (V) les coefficients de mêmes puissances de u, on trouve de proche en proche les valeurs de a_j^k ($j = 1, 2, 3$, $k = 0, 1, 2, \ldots$).

On a, pour les premiers coefficients :

$$a_i^0 = -\frac{\mu\xi_i}{\xi}, \qquad a_i^1 = \frac{\mu\mu' p'_i}{2},$$

$$a_i^2 = -\frac{\mu}{2}\left[\left(\mu\mu'' + \frac{\mu'^2}{2}\right)\sum_1^3 (p'_j)^2 - \mu\frac{\alpha' + \alpha^4}{\gamma'} - \mu E\right]\frac{\xi_i}{\xi},$$

$$a_i^3 = \frac{\mu\mu'}{12}\left[\left(4\mu\mu'' + \frac{\mu'^2}{2}\right)\sum_1^3 (p'_j)^2 - \mu\frac{\alpha' + \alpha^4}{\gamma'} - \mu E\right];$$

de même

$$a_i^4 = -A\frac{\xi_i}{\xi} \qquad \text{et} \qquad a_j^5 = Bp'_i + C\frac{\xi_i}{\xi},$$

les A, B et C sont des fonctions de u, paires en ξ_j, x'_j et p'_j et invariables par la substitution circulaire des indices 1, 2, 3. On voit facilement qu'à partir de a_i^6 les coefficients seront de la forme $L\xi_i + Mx'_i + Np'_i$, les L, M et N ayant les mêmes propriétés que les fonctions A, B et C.

([1]) *Acta Mathematica*, 30, 1905, p. 49-92.

ASTRONOMIE. — *Précisions sur le noyau dense interne du Soleil et sur le mouvement des taches en latitude.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

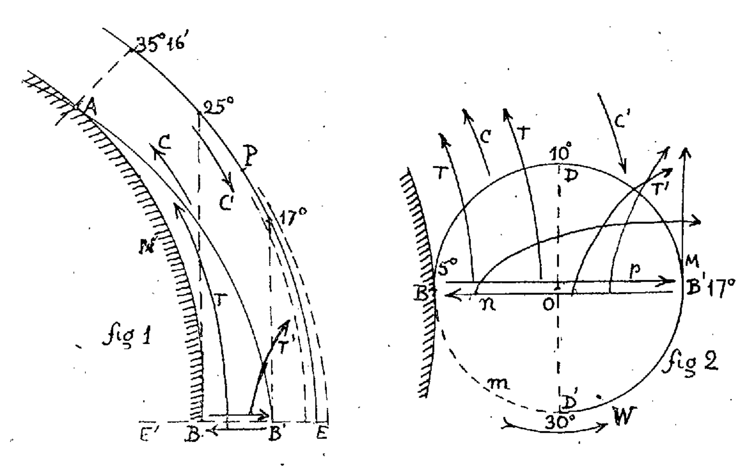
Dans une Note antérieure ([1]) j'ai indiqué que le mouvement des taches en latitude était dû à la pulsation à volume constant d'un noyau dense du Soleil, et que cette pulsation pouvait produire une variation périodique du diamètre polaire : or Armellini vient de publier le résultat de mesures du diamètre horizontal poursuivies de 1877 à 1900 et faisant ressortir une variation périodique en rapport avec les cycles solaires. Il y aurait avantage à mesurer la variation du diamètre polaire : l'intérêt de cette recherche serait de prouver qu'il s'agit d'une pulsation ellipsoïdale à volume constant et non d'une pulsation à volume sphérique variable suivant la théorie d'Eddington.

L'existence d'un noyau solaire dense (1,64 d'après les dimensions indiquées ci-dessous) surmonté d'une épaisse atmosphère de faible densité moyenne (0,47 en considérant le Soleil comme une sphère de gaz parfait) peut être appuyée de diverses preuves : Russell et G. Stewart ont montré que la pression dans la photosphère n'est que de $0^{atm},01$, ce qui implique une très faible densité. La météorologie d'une épaisse atmosphère peut seule expliquer comment la pulsation régulière d'un noyau peut se traduire à la surface par des irrégularités marquées de la période, et comment par leur disparition en profondeur les tourbillons prenant naissance sur le noyau manifestent une discontinuité en latitude. Au début les taches ont une vitesse plus grande que leur vitesse moyenne (rotation en 23 jours à l'Équateur au lieu de 25 jours, rotation moyenne) comme si elles étaient émises par un noyau à rotation rapide.

Admettons un noyau N (*fig.* 1) en pulsation par le choc de la nébuleuse primitive et dont la durée de rotation soit de 15 jours environ : à son Équateur une différence de vitesse de 1^{km} pourra exister avec la vitesse de rotation de l'atmosphère, d'où formation de tourbillons à axes parallèles à celui du Soleil, dont les trajectoires au sud et au nord de l'Équateur solaire EE' en traversant la photosphère P formeront les taches. En A est le parallèle de latitude $\lambda = 35^\circ 16' \left(\sin^2\lambda = \frac{1}{3}\right)$ autour duquel oscille la pulsation équivolume qui renfle périodiquement le noyau de AB en AB'.

([1]) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 283.

Si les tourbillons étaient toujours normaux à l'Équateur, ceux émis en B aboutiraient sur la photosphère P à la latitude de 25° au delà de laquelle il y a très peu de surface tachée et les tourbillons émis en B' rencontreraient la photosphère à la latitude de 17° où se trouve le maximum moyen de surface tachée. Ces données correspondent à $BB' = 35\,000^{km}$ et $BE = 30\,800^{km}$. Le fait capital qui dévie les tourbillons de la normale à l'Équateur est que dans la pulsation positive de AB en AB' le volume dont la section est BAB' est chassé de l'Équateur vers les régions polaires d'où les courants C du Sud au Nord et que dans la pulsation négative le même volume descend du Nord au Sud (courants C').



Figurons par un diagramme circulaire (*fig* 2), parcouru avec une vitesse constante W projetée sur le diamètre BB', la marche pendulaire de la pulsation du noyau. Pendant la pulsation positive *p* règnent les courants C qui augmentent la vitesse de propagation vers les pôles des tourbillons, ceux-ci gagneront vite les hautes latitudes, disparaissant de la surface (quadrant BD' du diagramme), puis à cause de la vitesse W maxima en D' descendant vite de la latitude 30° vers 17°. Le maximum en B' à 17° de latitude est dû à la lenteur de la pulsation près de B' et à la proximité maxima de la photosphère.

Sur l'arc B'DB règnent les courants C' dont la vitesse antagoniste réduit celle des tourbillons et les incline vers la photosphère en faisant descendre lentement les taches de la latitude 17° jusqu'à l'Équateur. Du minimum *m* des taches au maximum M il y aura environ 3 ans puisque, d'après la période undécennale, chaque quadrant est parcouru en 2,8 ans. Or c'est précisément ce qu'a trouvé Armellini puisque le renflement maximum du

noyau en B′ doit coïncider avec le diamètre solaire maximum à l'Équateur.

On lit aussi sur le diagramme que le temps séparant le minimum du maximum ($mD'B'$) est à peu près deux fois moindre que la descente vers le minimum. Les courants C sont la contre-partie des courants C′ : si donc dans un cycle ceux-ci font descendre les taches plus près de l'Équateur, dans le cycle suivant les courants C plus rapides feront commencer ces taches à plus haute latitude, ce que paraissent confirmer les diagrammes de Maunder.

Newcomb et Pickering ont montré qu'un renflement équatorial du Soleil de 0″,5 suffirait à rendre compte de la totalité du mouvement inexpliqué de 43″ du périhélie de Mercure : la rotation du noyau N en 15 jours lui donnant un renflement trois fois plus grand que celui du Soleil ferait avancer de 15″ par siècle le périhélie de Mercure. La densité atmosphérique, plus grande dans la région des taches où seules apparaissent les protubérances métalliques, équivaut à un anneau de matière agissant sur Mercure : il suffirait d'une augmentation de densité de 1 pour 100 dans l'atmosphère de la région équatoriale pour accélérer de 43″ par siècle le périhélie de Mercure.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Mesure photographique de l'électrostriction dans le cas du tétrachlorure de carbone.* Note de M. PAUTHENIER, présentée par M. Cotton.

Un calcul thermodynamique ([1]) permet d'évaluer la condensation des liquides isolants dans le champ électrique et la très faible variation d'indice qui en résulte. Le contrôle direct des résultats obtenus intéresse à la fois la théorie thermodynamique, les recherches dans le domaine des retards absolus, et la théorie de la diffraction de la lumière ([2]) (phénomène de Tyndall). Nous venons de réaliser une mesure photographique dans le cas du tétrachlorure de carbone, liquide très isolant et très peu biréfringent.

Dispositif expérimental. — Nous négligeons la très faible biréfringence de CCl^4. Le tube de liquide est entre miroirs de Jamin. L'un des faisceaux lumineux passe entre les armatures, longues de 90^{cm}, l'autre en dehors. L'angle d'incidence sur les miroirs est faible; la polarisation de la lumière

([1]) BRUHAT et PAUTHENIER, *Journ. de Phys.*, 6, 1925, p. 1.
([2]) ROCARD, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 212.

négligeable. La source lumineuse est un arc au charbon. L'image des franges, rétrécies par une lentille cylindrique, se forme sur une plaque photographique animée d'un mouvement de translation convenable. Un dispositif automatique charge l'armature isolée du condensateur pendant un temps très court (quelques centièmes de seconde), puis la décharge. La nécessité d'impressionner la plaque limite la valeur supérieure de sa vitesse.

Résultats. — Les clichés, pris dans des conditions variées, ont l'aspect ci-dessous (*fig.* 1). Le déplacement d, l'interfrange i y sont mesurés avec un viseur à oculaire micrométrique. La durée du champ électrique correspond à la translation CD (*fig.* 2). L'aspect des franges diffère un peu de la forme

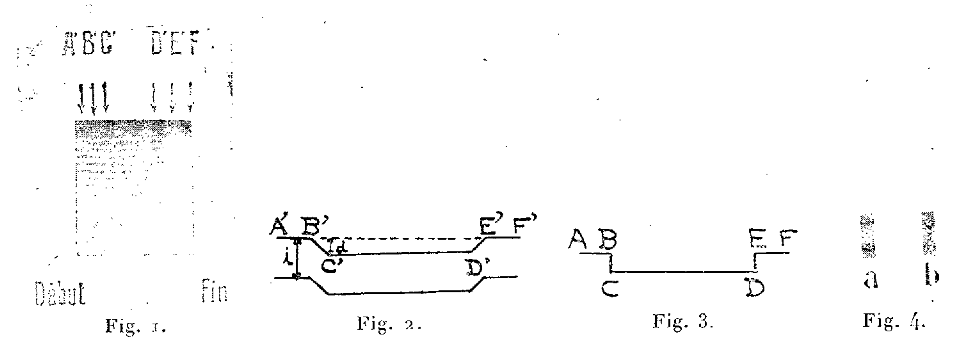


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

crénelée théorique (*fig.* 3) parce que des aigrettes jaillissent des pièces mobiles de l'appareil avant les contacts matériels. En outre, avec le temps, se produit une légère perte de charge.

La *longueur d'onde moyenne* efficace de la lumière blanche utilisée se déduit de l'intervalle des franges qu'on obtient avec le compensateur de Babinet éclairé successivement par la lumière de l'arc qui sort de l'appareil, et par la radiation $\lambda = 0^{\mu},436$ de l'arc au mercure (*fig.* 4, *a* et *b*). Il se trouve que les deux interfranges, étudiés au comparateur, sont égaux à $\frac{1}{300}$ près.

Les potentiels sont mesurés au voltmètre biréfringent [1].

Soit Δn la variation d'indice pour la lumière de longueur d'onde λ; si l est la longueur du champ électrique E traversé par le faisceau, le déplacement δ évalué en interfranges est

$$\delta = \frac{d}{i} = \frac{l\,\Delta n}{\lambda} = \frac{A\,l E^2}{\lambda},$$

(1) Pauthenier, *Journal de Phys.*, 5, 1924, p. 312.

A désignant une fonction de l'indice du liquide, de sa constante diélectrique, et, suivant les cas, de sa compressibilité isotherme ou adiabatique.

Le tableau suivant donne les résultats des mesures :

E kilovolts/cm........	0	60,3	66	73,5	78,7
δ....................	0	0,19	0,26	0,33	0,37

La droite de la figure 5 (abscisses E^2, ordonnées δ) les représente.

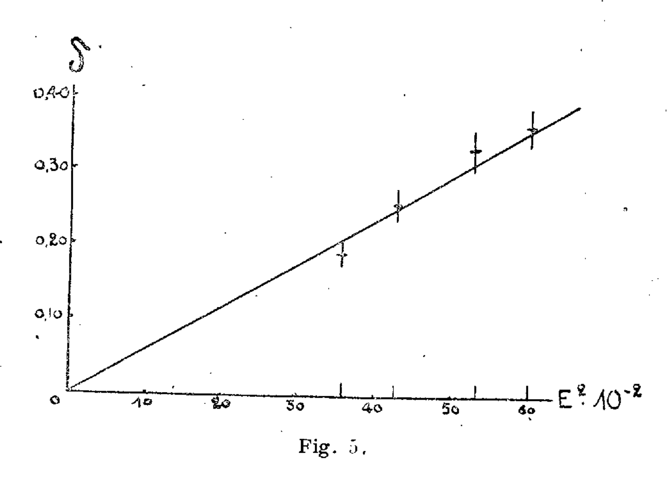


Fig. 5.

A cette échelle, l'incertitude des abscisses est négligeable; celle des ordonnées est représentée par les petits traits verticaux.

Nous en déduisons

$$A = 0,25 . 10^{-11}.$$

Or le calcul donne

$$A_{\text{isoth.}} = 0,33 . 10^{-11}, \qquad A_{\text{adiab.}} = 0,24 . 10^{-11}.$$

Nous devons regarder l'électrostriction réalisée comme adiabatique, étant donné la courte durée des expériences (le début de la frange déplacée C'D', repéré dans la mesure de d, correspond à une durée de champ de l'ordre du millième de seconde).

Les mesures précédentes peuvent donc être considérées comme une bonne vérification de la théorie dans le cas de CCl^4. Il serait intéressant de les relier à la théorie de la diffraction de la lumière.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détection et la stabilité de certains détecteurs.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. G. Ferrié.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que pour réaliser un détecteur, il suffit de déposer sur une plaque conductrice la poussière d'un métalloïde et d'approcher une pointe métallique normalement à la plaque. Nous avons observé depuis que tous les diélectriques se comportent plus ou moins comme les métalloïdes et nous avons obtenu encore de meilleurs résultats en substituant à la pointe une sphère de 1 à 3^{cm} de diamètre ou un anneau.

En ne mettant aucune poudre sur la plaque métallique, c'est-à-dire en opérant avec l'air comme diélectrique, on peut faire les observations suivantes : si la plus courte distance d de la sphère à la lame est de l'ordre de 10^{-4} cm, aucun courant ne passe, on entend un bruissement continu; si au contraire la distance d devient inférieure à une certaine limite l, on peut dire qu'il y a contact, on n'entend plus rien. Pour certaines valeurs de d comprises certainement entre 10^{-4} cm et l il y a détection, c'est-à-dire que l'on peut percevoir nettement au téléphone une émission radiotéléphonique. Mais un tel détecteur est forcément d'une extrême instabilité, un calcul simple montre en effet qu'une variation de température de un centième de degré suffit pour faire varier la distance d de 10^{-4} cm. Pour rendre stable un semblable détecteur à air, il suffit d'interposer un anneau isolant et de le comprimer avec la sphère jusqu'à audition. La température pourra varier un peu sans que pour cela l'appareil se dérègle; l'épaisseur de l'anneau, qui est de l'ordre du millimètre, ne varie en effet que de 10^{-7} cm pour une variation de température de 1°. L'expérience est facile à réaliser avec des rondelles de papier ou des anneaux d'os.

Les poudres provenant de solides très peu conducteurs de l'électricité doivent se comporter comme ces anneaux et jouer plus efficacement encore le rôle de stabilisateurs du détecteur à air. Nous avons obtenu de très bons résultats avec les corps solides dont la résistivité spécifique est la plus élevée (de l'ordre de 10^{13} ohm-cm). Je ne puis citer ici que quelques corps parmi tous ceux que j'ai essayés. Le soufre, l'ébonite, le mica en poudre, l'oxyde de plomb, l'oxyde de mercure, l'oxyde de zinc, le fluorure de calcium, le papier, la soie, le coton, le verre, etc. La silice, qui est très dure et qui se

[1] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 776.

dilate fort peu, donne des résultats excellents; le liège stabilise aussi, mais beaucoup moins bien.

On pourrait faire remarquer que si le diélectrique air permet la détection, tous les diélectriques même solides doivent la permettre. Je suis persuadé qu'il en est ainsi, mais je crois pouvoir affirmer que pour eux la limite l est inférieure à celle qui correspond à l'air et doit être fonction du pouvoir inducteur spécifique. Voici, du reste, une expérience simple qui vient à l'appui de ce que j'avance : on dispose entre la sphère et le plan conducteur une lame de verre ou de mica assez peu épaisse pour donner en lumière blanche les colorations des lames minces, puis on exerce à l'aide de la sphère une pression croissante, jamais le courant ne passe. Si pour une pression suffisante une fente se produit dans le diélectrique, la détection a lieu et le détecteur obtenu est stable.

Il m'a été impossible jusqu'ici de préparer des lames de verre ou de mica suffisamment minces pour réaliser la détection directement sans rupture. Cependant, en déposant au pinceau sur la lame métallique des couches successives de gomme laque en solution étendue dans l'alcool, on arrive à produire des lames isolantes d'épaisseur très faible; la détection a été bonne toutes les fois que l'épaisseur du vernis n'a pas dépassé 10^{-4} cm. La gomme est sans doute plus facilement compressible que le verre et par compression on peut atteindre la limite de l relative au corps dont il s'agit.

Les diélectriques liquides et les corps mous comme les graisses, les paraffines, se comportent comme l'air, ils ne donnent des détecteurs stables que si l'on rend leur épaisseur invariable par le moyen indiqué plus haut.

Les corps susceptibles de donner avec la vapeur d'eau contenue dans l'air des solutions électrolysables, laissent passer le courant et ne permettent pas la détection. (Exemple : chaux, anhydride borique, etc.)

Conclusion. — Tout contact imparfait métal-diélectrique-métal peut constituer un détecteur. Si le diélectrique interposé est gazeux ou liquide, le détecteur obtenu est inutilisable par suite de son extrême instabilité due aux variations inévitables de la température. Les solides pulvérulents très mauvais conducteurs permettent de stabiliser ces détecteurs, ils sont d'autant plus efficaces que leur coefficient de dilatation est plus faible et que leur résistance à la déformation est plus grande (silice).

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse ignée des oxydes dissous dans l'acide borique ou dans les borates.* Note [1] de M. **Andrieux**, présentée par M. G. Urbain.

Dans cette Note, je me propose de décrire brièvement le dispositif expérimental dont je me suis servi et d'indiquer quelques-uns des résultats que j'ai obtenus en étudiant l'électrolyse ignée des borates.

Le sel ou le mélange de sels à électrolyser est fondu dans un creuset cylindrique en charbon de cornue de 46^{mm} de diamètre intérieur, 55^{mm} de hauteur et 6^{mm} d'épaisseur; ce creuset sert d'anode ou de cathode, suivant les cas. L'autre électrode, suspendue dans l'axe du creuset, peut se déplacer verticalement; elle est constituée soit par une baguette de charbon, soit par une tige métallique pleine, ou creuse avec circulation d'eau.

Pour fondre l'électrolyte et le maintenir en fusion lorsque l'effet Joule est insuffisant, le creuset est placé dans la chambre centrale d'un four électrique à résistance de charbon granulé. Un voltmètre, un ampèremètre, un compteur Stia et un couple thermo-électrique de Le Chatelier sont annexés à l'appareil.

Au moyen de ce dispositif, j'ai d'abord repris l'électrolyse du borax fondu. Les expérimentateurs qui ont déjà effectué cette électrolyse : Faraday [2], Gérardin [3], Hampe [4], Moissan [5], Stähler et Elbert [6] et Zschille [7], ont généralement obtenu du bore amorphe impur à la cathode et un dégagement d'oxygène à l'anode, mais aucun d'eux n'a mis en évidence la séparation du sodium par réaction primaire à la cathode; c'est ce que je me suis proposé de faire. Pour cela il faut opérer à une température inférieure à 880°, point d'ébullition du sodium. Mais, au-dessous de cette température, le borax est si pâteux que son électrolyse est impraticable; on peut cependant tourner la difficulté et recueillir du sodium en refroidissant seulement la cathode et en maintenant le bain à une tempéra-

---

(1) Séance du 4 janvier 1926.
(2) *Pogg. Ann. der Phys.*, **34**, 1834, p. 481.
(3) *Comptes rendus*, **53**, 1861, p. 727.
(4) *Chemiker Zeitung*, **12**, 1888, p. 841.
(5) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 392.
(6) *Ber. d. deuts. chem. Gesell.*, **46**, 1913, p. 2060.
(7) *Elektrolyse geschmolzener Borate* (*Dissert.*, München, 1913).

ture suffisamment élevée pour que le dégagement d'oxygène à l'anode puisse se faire aisément.

J'ai employé comme anode le creuset de charbon et comme cathode la tige de fer creuse dont l'extrémité inférieure est formée par un petit cylindre plein de 25^{mm} de longueur et 12^{mm} de diamètre. Je fonds dans le creuset 130^{g} de borax anhydre et je maintiens la température à 900°. Je fais plonger la cathode de 20^{mm} dans le sel fondu et, après 15 minutes, je fais passer dans celle-ci un très faible courant d'eau. Dans ces conditions, il se forme, sur la partie de la surface du bain entourant la cathode, une croûte solide de borax qui protège de l'oxydation les parties sous-jacentes. Autour de la partie immergée du petit cylindre de fer, le borax reste à l'état pâteux, sa température étant comprise entre 750 et 800°. A ce moment, je commence l'électrolyse en faisant passer un courant de 2,5 ampères sous 4 volts. A la fin de l'opération la durée est généralement de 2 heures, j'augmente la vitesse de circulation de l'eau et je relève très lentement la cathode, de manière à former autour des produits séparés une couche d'électrolyte solidifié. Je retire ainsi une boule de la grosseur d'une noix. Si, après refroidissement complet, on brise cette boule, voici ce que l'on observe autour de l'extrémité de la cathode en allant de l'intérieur vers l'extérieur : 1° une couche de sodium pur; 2° une couche plus importante de sodium mêlé de bore; 3° une mince couche de bore ; 4° la couche d'électrolyte solidifié.

En ajoutant au borax certains oxydes qui y sont peu solubles tels que l'alumine ou la glucine calcinées et finement pulvérisées, la réduction de l'électrolyte par le sodium peut être presque complètement évitée. J'ai pu obtenir ainsi, à plusieurs reprises, de petites boules de sodium de 1^{g} à 2^{g}, ne contenant que très peu de bore à leur périphérie.

Au contraire, si l'on favorise la réduction en opérant à température plus élevée, la proportion de sodium diminue rapidement et celle de bore augmente; lorsque la température de la cathode dépasse 900°, on n'obtient plus que du bore. Par exemple, le bain étant à 950°, j'ai obtenu, avec une cathode refroidie et un courant de 2,5 ampères après 2 heures, $0^{g},680$ de bore et une petite quantité de sodium ; avec une cathode non refroidie et à 1000°, les autres conditions restant les mêmes, j'ai recueilli $0^{g},760$ de bore.

En électrolysant, à 950°, les borates de potassium et de lithium, j'ai obtenu également du bore.

Enfin, en dissolvant dans l'acide borique ou dans les borates, seuls ou mélangés à d'autres sels, les oxydes des métaux moins électropositifs que les précédents, j'ai obtenu par électrolyse soit les métaux correspondants comme le zinc et le cadmium, soit des produits complexes comme des bronzes de tungstène par exemple.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie du durcissement des ciments hydrauliques.* Note de M. **Baykoff**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On admet aujourd'hui, depuis les recherches de M. H. Le Chatelier, que la cristallisation corrélative du durcissement des ciments résulte de la sursaturation passagère de composés solubles, cette sursaturation étant due à la solubilité plus grande des composés anhydres.

D'après mes expériences, le phénomène serait plus complexe, l'hydratation première des constituants anhydres du ciment donnerait des hydrates colloïdaux, puis le gel cristallin ainsi produit se transformerait en un agrégat de gros cristaux, par suite de la solubilité plus grande des cristaux de petites dimensions.

Il est facile de vérifier cette conclusion par l'expérience suivante. Dans une fiole renfermant 100^{cm^3} d'eau, on introduit 5 à 10^g de sulfate de chaux semi-hydraté et l'on agite vivement. En cessant l'agitation à un moment convenable, on voit le mouvement des particules cesser et tout le liquide se solidifier en une masse gélatineuse présentant l'aspect des gels de silice. Si, au lieu d'eau pure, on emploie des solutions de sulfate de potassium ou de sulfate d'ammonium, l'expérience est achevée en 2 ou 3 minutes.

Pour expliquer la formation de sulfate de chaux colloïdal en présence d'eau qui peut le dissoudre, il suffit de remarquer que toute substance est insoluble dans sa solution saturée et que la condition nécessaire pour la formation des colloïdes est ainsi réalisée.

Dans le but de vérifier cette théorie sur le ciment portland, j'ai introduit 30 à 50^g de ciment dans un litre d'eau et fortement agité pour empêcher l'agglomération des grains. Au bout de quelques jours, on voit apparaître des flocons volumineux qui ne se précipitent plus qu'assez lentement. En même temps les parois se couvrent de petits cristaux très bien formés. Ils commencent à paraître entre le troisième et le quatrième jour, puis continuent de croître pendant quelques semaines.

Pour suivre la marche du phénomène, j'ai prélevé de temps en temps des portions de liquides que j'ai analysées. Elles renfermaient des traces de silice et d'alumine, un peu de sulfate de chaux et des quantités considérables d'hydrate de chaux. A la fin des expériences, j'ai brisé le ballon et recueilli les cristaux adhérents aux parois. Voici les résultats de ces différentes analyses.

Composition du ciment.

Perte au feu	3,0
SiO^2	21,4
Al^2O^3 et Fe^2O^3	8,6
CaO	63,8
MgO	2,2
SO^3	1,1
	100,3

Composition des solutions liquides.

Durée de l'expérience.	Poids de matière par litre.	
	CaO.	$CaSO^4$.
1 heure	1,038	0,004
1 jour	1,214	0,018
3 jours	1,672	0,011
8 jours	1,520	0,013
25 jours	1,345	0,007
1 an	1,025	0,008

Composition des cristaux.

Poids de matière.	0,419.	0,404.	Théorique.
Ca	73,3	73,6	75,7
H^2O	24,3	25,3	24,3
SiO^2	2,0	0,6	0,0
Al^2O^3	0,4	0,3	0,0
Total	100,0	99,8	100,0

La composition des cristaux correspond exactement à celle de l'hydrate de chaux.

D'autre part, la teneur en chaux de la solution passe par un maximum, $1^g,7$ par litre, notablement supérieur à la solubilité normale de la chaux. Au début la chaux s'est séparée à l'état colloïdal, puis s'est ensuite progressivement transformée en cristaux.

Il y aurait donc à envisager dans le durcissement des ciments trois périodes successives :

1° La première est celle de *dissolution*, pendant laquelle la liqueur se sature progressivement des divers éléments solubles.

2° La seconde est celle de *colloïdation*, pendant laquelle tous les produits de la réaction chimique se forment à l'état colloïdal. Elle correspond au début de la prise.

3° La troisième est celle de *cristallisation*, pendant laquelle les gels se transforment en agrégats cristallins. C'est la période de durcissement proprement dite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Stabilité des solutions de gaz carbonique.* Note de MM. **A. Kling** et **A. Lassieur**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons indiqué (¹) que l'eau, purifiée aussi complètement que pospossible, présente une réaction acide, bien déterminée, correspondant à pH = 5,8 environ. Nos expériences : purification de l'eau et mesure de sa réaction, ont été faites dans de telles conditions qu'il est extrêmement peu plausible d'attribuer l'acidité constatée, à la présence d'acide carbonique dissous. Nos résultats, pour certains qu'ils nous ont paru, ne satisfont pas complètement l'esprit. Il est d'opinion courante que l'eau fixe avec une grande facilité l'acide carbonique, et il a même été avancé qu'elle le retient opiniâtrement. S'il en était bien ainsi, on pourrait penser que de très faibles quantités d'acide carbonique, fixées par l'eau, réputée extrêmement avide de ce gaz, sur la foi de l'opinion générale, pourraient en dépit de tous les efforts, communiquer à l'eau, la réaction acide constatée.

Pour lever toute indécision sur ce point important, nous avons étudié les solutions carboniques, du point de vue de leur stabilité et de la variation éventuelle de leur titre.

Nos expériences ont porté sur l'eau purifiée par distillation, dans un appareil de platine, et rigoureusement exempte d'ammoniaque. Du gaz carbonique, préparé par calcination du bicarbonate de soude, est purifié par filtration à travers une colonne de coton hydrophile, destinée à arrêter les particules de carbonate pouvant être entraînées par le gaz, et dissous dans l'eau purifiée. Le titre de la solution obtenue ayant été fixé par titrage acidimétrique, le liquide est abandonné dans un flacon de platine, obturé par un tampon de coton.

De temps à autre, on détermine la quantité de gaz carbonique demeuré en solution. On observe une baisse rapide du titre de la liqueur, et au bout de quelques jours, il n'est plus possible de déceler de gaz carbonique par titrage. La présence de l'acide carbonique est cependant encore vérifiable au moyen du rouge de méthyle. Enfin, bientôt, la réaction du liquide devient celle de l'eau la mieux purifiée, c'est-à-dire que son exposant d'hydrogène prend la valeur pH = 5,8 environ. A partir de ce moment l'exposant d'hydrogène reste fixe. On est donc fondé à dire que le gaz carbonique, en solution dans l'eau, est dans un état instableet qu'il se sépare de son

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1062.

solvant, facilement et complètement. Au lieu d'abandonner la solution carbonique au contact de l'atmosphère ambiante, nous avons renouvelé l'expérience en exposant l'eau chargée de gaz carbonique sous une cloche de verre, en présence d'un alcali fixe : baryte, chaux ou soude. Le phénomène reste le même, et l'on observe le départ complet du gaz carbonique de la solution, à la condition que l'alcali employé comme absorbant du gaz carbonique soit rigoureusement exempt d'ammoniaque. Dans le cas contraire, l'ammoniaque est saisie par la solution carbonique, qui devient stable. Ainsi, l'eau ordinaire ne renferme de gaz carbonique en solution, qu'à la faveur, soit de petites quantités d'ammoniaque dissoutes, soit de la présence des bases fixes qu'on rencontre dans la nature. Si la solution carbonique est chauffée à l'ébullition, au lieu d'être abandonnée à froid, le départ complet du gaz carbonique a lieu dans un temps très court.

Nos expériences peuvent être considérées comme une preuve nouvelle apportée à l'appui de nos conclusions précédentes, à savoir que la réaction acide de l'eau purifiée n'est pas due à la présence de gaz carbonique.

Nous aurions voulu pouvoir mettre en évidence, par une mesure directe, que l'eau purifiée est différente d'une solution carbonique, présentant une concentration N/100 000, lui conférant le même exposant d'hydrogène, soit $pH = 5,8$. Nous n'avons pu y réussir jusqu'ici; la conductibilité électrique et la réaction du milieu sont tellement voisines pour l'eau purifiée et pour la solution carbonique de $pH = 5,8$, qu'il est impossible de tirer la moindre conclusion de la considération de ces constantes physiques, qui sont cependant parmi les plus sensibles aux variations de composition dans le cas présent.

MÉTALLURGIE. — *Étude de la fragilité des aciers étirés à froid.* Note de M. **Georges Delbart**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons donné antérieurement [1] quelques résultats d'essais relatifs à la résistance, à l'allongement et à la corrosion d'aciers ayant subi à l'usine des étirages à froid et recuits successifs; nous les complétons aujourd'hui par quelques chiffres de résistance au choc sur barreau entaillé (modèle Mesnager) obtenus avec le mouton-pendule Charpy.

Les aciers étudiés avaient la composition suivante :

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 934 et 1942.

Numéros.	C.	Si.	S.	P.	Mn.
1........	0,115	0,056	0,027	0,026	0,50
2........	0,136	0,046	0,020	0,020	0,71
3........	0,30	0,084	0,024	0,027	0,85
4........	0,48	0,178	0,024	0,034	0,78

Lors de l'étirage, les recuits intermédiaires ont été exécutés à 700°, sauf pour l'acier n° 2 qui a chaque fois été recuit à 900°. Pour les essais de résilience, le recuit final a été fait de 100° en 100° jusqu'à 1000°. Dans le cas présent on a étiré sur forte épaisseur afin de pouvoir prélever des éprouvettes de 10^{mm} de côté, tandis que précédemment les produits finis n'avaient plus que 4^{mm} d'épaisseur.

Comme on pouvait le prévoir, on a constaté pour les aciers doux un maximum de fragilité pour les recuits compris entre 300° et 400° et un minimum entre 900° et 1000°, sans toutefois percevoir les effets de l'écrouissage critique pour les recuits entre 650° et 850°; par contre, au recuit final des aciers demi-durs, on a observé un minimum de fragilité pour le recuit à 700° qui est coalescent. Les chiffres suivants qui sont la moyenne d'un grand nombre d'essais, se passent de commentaire.

Acier n° 1 (après étirage de 4.5 pour 100, recuit à 700°, et un deuxième étirage de 10 pour 100).

Temp. de recuit...	15°.	100°.	200°.	300°.	400°.	500°.	600°.	700°.	800°.	900°.	1000°.
Résilience.....	19,71	21,5	21,31	20,84	20,52	22,66	22,80	23,37	23,68	27,61	27,8
Le même, après recuit à 700° et un troisième étirage de 13 pour 100 :											
»	16	17,80	13	7,7	14	18	20	27	26	27,2	26
Le même, après recuit et un quatrième étirage de 17,7 pour 100 :											
»	13,5	15,8	10	8	14	18	20	27	27	30	29
Le même, après recuit et un cinquième étirage de 13,3 pour 100 :											
»	12	16,4	17	8	20	23	23	27	26	26,5	25

Acier n° 2 (après étirage de 3 pour 100, recuit à 900° et étirage de 8,7 pour 100).

Résilience.....	16,6	17,4	16,7	17	16,9	17,4	19,3	17,4	20,5	21,6	22,6
Le même, après recuit à 900° et un troisième étirage de 12 pour 100 :											
»	16,6	17,6	15	8	15	17,4	20,7	21,1	21,7	23,3	23,7
Le même, après recuit à 900° et un quatrième étirage de 11,4 pour 100 :											
»	18,4	18,6	17,7	11,6	5,15	6,75	10,87	23,07	22,25	22,36	26
Le même, après recuit à 900° et un cinquième étirage de 11,9 pour 100 :											
»	11,4	11,6	1,14	1,18	2,3	6,74	17,7	27,52	26,80	28,05	30

Après ce dernier passage à la filière, on constate une chute très marquée pour les recuits compris entre 100° et 600°.

Enfin l'*acier n°* 3, après cinq étirages de 8, 8, 9, 9 et 16 pour 100 et recuits intermédiaires à 700° donne :

Temp. de recuit...	15°.	100°.	200°.	300°.	400°.	500°.	600°.	700°.	750°.	800°.	900°.	1000°.
Résilience......	5,7	4,58	3,6	2,3	4,4	6,4	13,7	16	13,3	14	13,2	13,4

et l'*acier n°* 4, après cinq étirages de 1,7, 8,9, 15,7, 9 et 9,5 pour 100, recuits intermédiaires à 700° et vieillissement de 100 jours après le dernier étirage :

Résilience......	4,6	5,1	4,8	4,5	4,0	4,4	4,9	6,15	5,10	5,0	4,2	4,3

Dans les aciers recuits à moins de 700°, la cémentite était coalescée; dans ceux recuits entre 700 et 850°, on observait un mélange de sorbite et de perlite globulaire; et au delà de 850°, uniquement de la perlite sorbitique.

On obtient donc un maximum de résilience par des étirages et recuits rapides à 700°. Les recuits de longue durée à la même température confirment ces résultats sur l'acier n° 4, tandis qu'on constate au contraire une diminution de la résilience avec l'acier n° 3, ce qui s'expliquerait probablement par une influence du recuit sur la ferrite.

Acier n°	1 heure à 700°.	2 heures.	3 heures.	6 heures.
3..................	12,1	12,4	13	»
4..................	5,78	5,88	6,38	5,75

Enfin le recuit au point A^3 des aciers 3 et 4 bruts de laminage n'a pas donné de résilience supérieure à celles obtenues après étirages et recuits à 700°; seule la trempe à l'eau à 850° suivie d'un revenu à 700° a donné des chiffres supérieurs

N°s.	Brut de laminage.	Recuit au point A^3.	Trempé et revenu.
3..................	$\rho = 9,28$	11,67	18,80
4..................	4,8	5,26	10,70

Ces derniers chiffres permettent la comparaison avec les résultats obtenus après étirage et montrent l'influence favorable des étirages et recuits rapides à 700°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur le chloro-iodure, le bromo-iodure et le chlorobromure stanneux.* Note de M. T. Karantassis, présentée par M. A. Béhal.

MM. Young et Maxwell (¹) ont obtenu, en faisant agir l'iode sur Cl^2Sn en solution chlorhydrique, des produits cristallisés de couleur orangée ou jaune suivant la composition du mélange. Les analyses ont montré que la proportion des halogènes Cl et I était très variable, et les auteurs ont conclu à un mélange de Cl^2Sn et I^2Sn en cristaux isomorphes.

Nous avons repris cette étude en opérant d'une façon plus exacte, en solution ne contenant que des produits stanneux, et les résultats obtenus ont été différents de ceux de ces auteurs.

Chloro-iodure stanneux ClISn. — En dissolvant de l'iode dans une solution de Cl^2Sn et ClH, on obtient une liqueur rouge qui a été réduite en ajoutant de l'étain en feuilles en excès. Les réactions sont :

$$2\,Cl^2Sn + 4\,I = Cl^4Sn + I^4Sn;\quad I^4Sn + Sn = 2\,I^2Sn \quad \text{et} \quad Cl^4Sn + Sn = 2\,Cl^2Sn;$$

enfin,

$$2\,Cl^2Sn + 2\,I^2Sn = 4\,ClISn.$$

La solution chaude est jaune paille ; par refroidissement, elle laisse déposer des cristaux formés de longues aiguilles ou prismes allongés qui ont été essorés d'abord par filtration au vide, puis compression sur plaque poreuse, et enfin dans le dessiccateur à vide sulfurique. Ce produit s'altère rapidement à l'air humide ; sous l'influence d'un peu d'eau mère iodhydrique et de l'oxygène il fournit de l'oxyiodurostannique et rougit en se liquéfiant en partie. Suivant que la solution primitive contient plus ou moins de I^2Sn, les phénomènes de cristallisation sont différents : avec une quantité suffisante de l'iodure les premiers cristaux qui se déposent sont rouges, et formés d'iodure stanneux ; à froid, ils réagissent avec leur eau mère et se transforment lentement en cristaux blancs de chloro-iodure, sans qu'on puisse noter un intermédiaire entre la couleur rouge primitive et celle du chloro-iodure. Avec un grand excès de Cl^2Sn les cristaux déposés sont incolores d'emblée et ne paraissent jaunes que parce qu'ils se déposent dans une eau mère ayant cette coloration.

Pour s'assurer que les cristaux ne sont pas dépendants de l'eau mère, on a effectué l'analyse de ceux-ci et du liquide qui les baignait. On trouve :

(¹) S.-W. Young et A. Maxwell, *Journ. amer. ch. Soc.*, 19, 1897, p. 515.

	Cristaux.	Calculé pour ClISn.
Sn pour 100	42,63	42,28
I	44,87	45,12
Cl	12,50	12,60

	Eau mère.	Acidité totale calculée en ClH.
Sn	23,35	17,84
I	3,60	
Cl	14,71	

Le rapport I^2Sn et Cl^2Sn est le suivant :

$$Sn : I^2 1 : 0,06; \quad Sn : Cl^2 1 : 1,05;$$

on voit que l'eau mère est constituée presque exclusivement par du Cl^2Sn et contient environ 15^{mol} de ce sel pour 1^{mol} de I^2Sn.

S'il restait des doutes au sujet de l'existence de ClISn pur, l'analyse thermique les enlèverait : en effet on trouve, en déterminant les P. F. de mélanges des deux sels et en partant de I^2Sn un premier eutectique à 244°, contenant $52^{mol},4$ de SnI^2, rouge à froid; le P. F. monte ensuite à 259° pour la composition à molécules égales des deux sels, et redescend à 221° second eutectique, à $84^{mol},5$ de Cl^2Sn; il remonte à 254° pour Cl^2Sn pur. La couleur des mélanges est rouge brun à chaud, mais à froid elle est jaune pâle verdâtre dès qu'on a dépassé le premier eutectique. Il n'y a donc aucun doute sur l'existence du composé défini ClISn.

Bromo-iodure stanneux BrISn. — On obtient une solution de ce sel, en réduisant par la feuille d'étain une solution de Br^4Sn et BrH, additionnée d'iode. Comme dans le cas précédent, on obtient suivant les proportions d'iodure et de bromure, tantôt une cristallisation d'iodure, tantôt des cristaux aiguillés jaune pâle de bromo-iodure. L'analyse de diverses récoltes de ce sel jaune, a montré qu'on n'avait pas affaire à un sel mixte pur, mais à des solutions solides d'iodure dans le bromo-iodure : Exemple :

	Cristaux.	Calculé pour BrISn.
Sn pour 100	36	36,5
I	42,4	38,9
Br	21,6	24,54

	Eau mère.	Acidité totale calculée en BrH.
I	7,4	28,48
Br	22,9	
Sn	11,6	

L'analyse thermique des mélanges de Br^2Sn et I^2Sn a confirmé l'existence de cristaux mixtes avec tendance à la formation du sel BrISn; en effet en débutant à 226°,7 P.F. du bromure, on observe, par addition d'iodure, un abaissement presque insensible, à 226°, puis une montée lente du P. F. jusqu'à 240° avec 42^{mol},8 d'iodure et un plateau s'étendant jusqu'à 62^{mol},7 d'iodure; enfin le P. F. monte à nouveau lentement pour atteindre 320°, P. F. de l'iodure pur.

Chlorobromure stanneux ClBrSn. — Par voie humide, il a été jusqu'ici impossible d'obtenir des résultats nets, principalement à cause de la très grande solubilité des composants. Par voie sèche on a observé qu'en partant de Br^2Sn, P.F. 226°,7, l'addition de Cl^2Sn provoque un abaissement du P. F. jusqu'à formation d'un eutectique P. F. 213°, avec 62^{mol},8 de Br^2Sn; aussitôt ce point passé, et par addition de Cl^2Sn, on obtient un mélange qui se gonfle fortement au moment de la cristallisation et provoque la rupture du vase; la température du P. F. monte alors régulièrement jusqu'à 245° P. F. du Cl^2Sn pur. Il semble donc qu'il n'y ait pas de composé mixte stable, mais il reste à expliquer le phénomène curieux de la dilatation considérable du mélange au voisinage de la composition eutectique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. Charles Moureu.

Sous ce titre j'ai déjà publié plusieurs Notes [1] montrant l'originalité des réactions fournies par le composé

$$\text{(I)}\qquad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO^2H \\ \vdots \\ O \\ \vdots \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH)CO.NH^2 \end{array}$$

dont j'ai donné la préparation à partir de l'amide phényl-α-oxycrotonique $C^6H^5.CH{=}CH.CHOH.CO.NH^2$, et dans lequel j'ai admis la fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone : cette fonction spéciale étant sans doute la cause des particularités observées.

Voici de nouveaux faits qui accentuent l'originalité de cette fonction. Lorsqu'on cherche à passer de l'acide amidé (I) à l'acide bibasique corres-

---

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1944; **181**, 1925, p. 247. — Voir aussi avec plus de détails *Bull. Soc. chim. de France*, 4e série, **37**, 1925, p. 1420.

pondant, on peut espérer arriver au résultat soit par saponification alcaline, soit par saponification acide.

Le premier mode échoue, comme je l'ai indiqué déjà, à cause de la facile décomposition, en liqueur alcaline, de l'acide amidé (I), en ammoniaque et acide benzylpyruvique.

Le deuxième mode ne conduit pas non plus au résultat cherché, mais les produits qu'il fournit ne sont pas sans intérêt. L'action de l'acide chlorhydrique en solution acétique donne, en effet, deux composés différents suivant la proportion d'acide chlorhydrique employé; tous deux sont des lactones, qui fondent, l'une à 120°, l'autre à 82°; elles sont isomères, mais très différentes comme constitution et comme réactions.

Je m'occuperai aujourd'hui de la lactone fondant à 120°.

Préparation. — On dissout à chaud 5g d'acide amidé (I) dans 30g d'acide acétique, puis on ajoute 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique ($D = 1,17$) dilués dans 80^{cm^3} d'eau. On porte à l'ébullition avec tube à reflux. On observe bientôt un dégagement d'acide carbonique et le liquide se trouble par dépôt d'un liquide sirupeux jaunâtre. Après 4 heures d'ébullition on laisse refroidir, on sépare le produit sirupeux, on le lave à l'eau; il ne tarde pas à cristalliser.

Le produit, purifié par cristallisation dans l'éther, fond à 120°. Insoluble dans l'eau, il est soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène; l'éther de pétrole le sépare de ces deux derniers dissolvants.

L'analyse élémentaire, l'examen de ses propriétés et de ses produits de dédoublement m'engagent à lui attribuer la formule de constitution suivante :

```
                  C6H5.CH2.CH2CH
                              |\
(II)                          O  O
                              | /
           C6H5.CH2.CH = C—CO
```

Cette lactone, insoluble dans l'eau, est soluble dans la lessive de soude très étendue, le composé sodique qui en résulte (sans ouverture de la chaîne lactonique) est précipité par une faible addition de soude en excès. De ce dérivé sodique, les acides les plus faibles régénèrent la lactone primitive.

La réaction la plus remarquable est le dédoublement qu'elle subit sous l'action des alcalis dilués à l'ébullition : il y a hydratation et formation d'aldéhyde phénylpropionique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CHO$ et d'acide benzylpyruvique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CO^2H$.

Le rendement en acide benzylpyruvique est sensiblement théorique,

celui en aldéhyde très faible, sans doute à cause de sa résinification très rapide au contact de l'air.

L'aldéhyde phénylpropionique a été caractérisée cependant avec une grande sûreté, par son odeur si spéciale, et aussi par sa semicarbazone fondant à 127°, laquelle a été comparée à la semicarbazone d'aldéhyde phénylpropionique d'origine certaine.

La formule (II), proposée pour représenter la constitution de la lactone, rend bien compte de ce curieux dédoublement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de cétones en présence de noirs de platine pur et impur*. Note de **M. Faillebin**, présentée par M. Moureu.

J'ai montré [1] que l'adjonction au noir de platine, au moment de sa préparation, de certaines impuretés : alumine, hydrate ferrique, modifiait le résultat de l'hydrogénation de diverses cétones et aldéhydes. Si par exemple à une solution d'acide chloroplatinique pur on ajoute du chlorure ferrique, et que l'on réduise le mélange par le formol et la soude, on obtient un noir de platine permettant d'avoir, en général avec de bons rendements, les alcools à partir des aldéhydes et des cétones, alors que le noir préparé à partir de l'acide chloroplatinique pur, tend, dans les mêmes conditions, à produire une réduction plus avancée.

Dans le cas de l'acétylacétate d'éthyle en solution éthérée par exemple, alors que le platine-fer fournit le β-oxybutyrate d'éthyle avec un rendement de 75 pour 100, l'emploi du platine pur provoque, toutes choses égales d'ailleurs, la formation pratiquement exclusive de butyrate d'éthyle.

Cette Note a pour but d'apporter une contribution à l'étude du mécanisme de ce phénomène.

Doit-on considérer le platine pur comme un nouveau catalyseur, la présence de fer ayant, par exemple, modifié le processus de formation du noir; ou, au contraire, le platine-fer n'est-il que le platine pur intimement mêlé à un composé du fer. Dans cette dernière hypothèse, si l'on arrive à enlever le fer mêlé au noir de platine pur sans nuire à l'activité du catalyseur, on doit retrouver un catalyseur donnant les mêmes résultats que le noir de platine pur.

J'ai réussi à enlever la plus grande partie du fer présent dans un cataly-

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1077, et 177, 1923, p. 1118.

seur, par le mélange à volumes égaux d'acétylacétone et d'acide acétique agissant en présence de l'air.

Le platine-fer placé dans un cristallisoir est recouvert d'une couche du mélange; on agite de temps en temps, le liquide rougit; lorsqu'il est très fortement coloré on le décante, et il est remplacé par du mélange neuf jusqu'à ce que tout le fer que l'on peut ainsi enlever soit dissous; on s'en aperçoit à ce qu'après plusieurs heures la coloration reste faible. Le catalyseur est essoré au creuset de Gooch, lavé à l'acétate d'éthyle, puis à l'éther anhydre.

Le catalyseur ainsi obtenu, que je nommerai platine moins fer, est encore actif, et j'ai constaté qu'il donne l'effet du platine pur, sinon autant que le platine pur, du moins à un haut degré. J'ai hydrogéné l'acétylacétate d'éthyle en solution soit dans l'éther, soit dans l'hexane normal, et l'anisylacétone en solution dans l'acétate d'éthyle. Chaque lot de platine-fer a été partagé en deux portions égales : l'une a servi à faire une hydrogénation; à l'autre j'ai enlevé le fer, et je l'ai ensuite employée à la même hydrogénation. Les expériences avec le platine pur n'ont pas été reprises, elles ont fait l'objet d'un Mémoire publié dans un autre Recueil (*Annales de Chimie*, 1925).

Ainsi 16^{g} d'acétylacétate d'éthyle mêlés à 190^{cm^3} d'éther, en présence de 5^{g} de platine-fer ont fixé 2700^{cm^3} d'hydrogène et ont donné 12^{g} de β-oxy butyrate d'éthyle pur, sans trace de butyrate d'éthyle. Avec le platine moins fer, après fixation de 4150^{cm^3} il s'était formé 7^{g} de butyrate d'éthyle correspondant à 2900^{cm^3} d'hydrogène.

Dans l'hexane normal le phénomène suit une marche parallèle. Pour l'anisylacétone en solution dans l'acétate d'éthyle le résultat est analogue.

Comme les produits d'hydrogénation de l'anisylacétone à l'aide du platine pur sont nombreux (*Annales de Chimie*, 1925), j'ai simplement vérifié par mesures d'indices que lors de l'emploi du platine moins fer, les têtes de distillation étaient composées de corps cyclohexaniques exigeant pour leur formation beaucoup plus de la moitié de l'hydrogène fixé, alors que dans le cas du platine-fer il ne se fait que l'alcool secondaire.

Ainsi l'enlèvement du fer au platine donne un catalyseur entièrement changé, donnant un effet très comparable à celui du platine pur. Le cas du platine-aluminium est analogue : appliqué à l'hydrogénation de l'acétylacétone, le composé d'aluminium se dissout et l'on obtient un résultat analogue à celui que donne le platine pur. Cela ne résout toutefois pas entièrement la question de savoir s'il y a identité entre le platine pur et le platine moins fer ou moins aluminium. Il y aurait encore lieu de savoir si toute

opération faite avec le platine pur peut se réaliser avec le platine sans fer, ou encore que leurs pouvoirs catalytiques sont identiques.

La présente étude met simplement en évidence l'addition des effets du composé du fer et du catalyseur d'hydrogénation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation catalytique des vinylalcoylcarbinols en vinylalcoylcétones en présence du noir de palladium.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

Dans une précédente Note [1], nous avons rapporté les tentatives infructueuses d'obtention des vinylalcoylcétones $CH^2 = CH - CO - R$ à partir des alcools secondaires correspondants par oxydation catalytique sur argent réduit, par oxydation chimique ou par déshydrogénation catalytique sur cuivre ou nickel : dans ce dernier cas, l'enlèvement des deux atomes d'hydrogène de la fonction alcool secondaire est immédiatement suivi de leur fixation sur la double liaison; il y a isomérisation en éthylalcoylcétones $C^2H^5 - CO - R$.

Nous avons pu effectuer l'oxydation dans le sens désiré suivant la réaction :

$$CH^2 = CH - CHOH - R + O = H^2O + CH^2 = CH - CO - R,$$

en présence de noir de palladium préparé par réduction du chlorure palladeux au moyen du formol [2].

Nous pensions tout d'abord la réaliser en milieu liquide, car des essais préliminaires effectués sur l'alcool allylique ont permis d'isoler 15 à 20 pour 100 de la quantité théorique d'acroléine.

Dans un tube cylindrique contenant l'alcool et le catalyseur (5^g par molécule d'alcool) plonge un agitateur rotatif à mouvement rapide pour empêcher le noir de se déposer au fond du récipient; l'oxygène est admis au sein du liquide par un tube de M. Villiers et l'on fait passer assez rapidement le gaz pour la même raison; enfin, le tube est relié à un réfrigérant descendant adapté à un condenseur contenant une trace d'hydroquinone et maintenu dans la neige carbonique et l'acétone. On chauffe lentement le tube dans un bain d'eau jusqu'à 85°. On recueille l'acroléine mélangée d'eau.

Mais, en mettant simplement en contact à froid le vinyléthycarbinol avec du noir de palladium, on perçoit un crépitement de la masse avec dégagement notable de chaleur. La déshydrogénation s'est produite

(1) R. Delaby et J.-M. Dumoulin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1277.
(2) P. Breteau, *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 1368.

instantanément ainsi que la fixation de l'hydrogène sur la double liaison : après séparation du palladium, on isole du liquide plus de 50 pour 100 de diéthylcétone.

Avec les alcools secondaires saturés nous n'avons rien observé de semblable : même à l'ébullition à reflux maintenue plusieurs heures, il n'y a aucune transformation de l'alcool butylique secondaire; les atomes d'hydrogène du groupe CHOH des vinylalcoylcarbinols sont donc particulièrement activés par le voisinage de a double liaison $\alpha\beta$.

Dès lors, l'oxydation a été effectuée en système gazeux et dans le vide (à la pression ordinaire, on s'expose à de violentes explosions). Après de multiples essais, nous nous sommes arrêté à la technique suivante. On fait barboter de l'oxygène dans l'alcool non saturé, légèrement réchauffé s'il est nécessaire; le gaz chargé de vapeur d'alcool passe sur le catalyseur dont la température s'élève progressivement jusque vers 110°, et l'on condense les produits de la réaction dans la neige carbonique. Le vide est maintenu entre 30 et 40^{mm} dans tout l'appareil. On sépare l'eau de la cétone vinylée lacrymogène surnageante ; celle-ci est caractérisée par fixation de la diéthylamine sur la double liaison (¹) et formation du picrate et de la semicarbazone de la cétonamine ainsi obtenue.

Le vinyléthylcarbinol donne ainsi la vinyléthylcétone (20 pour 100 de la théorie). On retrouve à très peu près les points de fusion (sur bain de mercure) indiqués par MM. Blaise et Maire pour la semicarbazone (F. 99°) et le picrate (F. 74°,5) de la diéthylamino-éthylcétone. Pour le picrate, le dosage d'azote donne les résultats suivants : substance, $0^g,1805$; N, 24^{cm^3} à 24°,5; $759^{mm},5$ à 27°. N pour 100 : 14,72; calculé pour $C^{15}H^{22}O^8N^4$: 14,55. A noter que le *picrate de diéthylamine* est fusible à 71°,5 (substance, $0^g,1784$; N, $29^{cm^3},6$ à 20°; 749^{mm} à 22°. N pour 100 : 18,55 ; calculé pour $C^{10}H^{14}O^7N^4$, 18,54).

Pour obtenir la vinylpropylcétone, le catalyseur est porté vers 100° dès le début de l'opération; la *diéthylaminoéthylpropylcétone* distille à 92-95° sous 20^{mm} ; *picrate*, F. 81° (substance, $0^g,1656$; N, $20^{cm^3},8$ à 18° ; 762^{mm} à 23°. N pour 100 : 14,2 ; calculé pour $C^{16}H^{24}O^8N^4$: 14).

Ainsi le palladium a permis de réaliser l'oxydation catalytique des vinylalcoylcarbinols; cette oxydation est d'ailleurs accompagnée de la déshydratation partielle de l'alcool en carbure diéthylénique. L'obtention des cétones vinylées par cette méthode n'est qu'un mode de formation par suite de la nécessité d'opérer sous pression réduite, d'où résulte la difficulté

(¹) E.-E. Blaise et M. Maire, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 3, 1908, p. 543.

de condensation des produits de la réaction. La méthode proposée par MM. Blaise et Maire, malgré les cinq transformations qu'elle exige à partir de l'acroléine, reste donc le procédé de choix de préparation de ces cétones non saturées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers bis-phtalide-carboniques.* Note de M. **André Cornillot**, présentée par M. Béhal.

Dans une précédente Communication (¹), nous avons exposé dans quelle intention nous avions entrepris de remplacer dans les éthers chlorophtalide-carboniques l'atome de chlore par des radicaux organiques. La deuxième série d'expériences portent sur l'action des composés organo-zinciques mixtes sur ces éthers chlorés.

En dehors de cas très exceptionnels, la seule action connue de ces composés est la substitution d'un radical à l'halogène des chlorures d'acides et des dérivés halogénés alcooliques, quand il est suffisamment mobile pour réagir. Or, dans notre cas, le résultat est la soudure deux à deux des restes lactoniques par leurs carbones tertiaires, selon un mode analogue à celui de la réaction de Wurtz, d'où formation de l'éther bis-phtalide-carbonique :

$$2\left[C^6H^4\begin{array}{c}\diagup C(Cl)-CO^2C^2H^5 \\ \diagdown CO\diagup O\end{array}\right] \rightarrow \begin{array}{l} C^6H^4\langle_{C}^{CO}\rangle O \quad C-CO^2C^2H^5 \\ \quad | \\ C^6H^4\langle_{CO}^{C}\rangle O \quad C-CO^2C^2H^5 \end{array}$$

Pour cette dernière substance, la stéréochimie prévoit deux isomères optiquement inactifs, l'un symétrique, l'autre racémique. Or, la réaction de CH^3ZnI sur l'éther chloré éthylique (²), qui a lieu à partir de la température de 35°, fournit, en effet, deux corps dont les analyses, les mesures cryoscopiques et toutes les propriétés sont identiques, en accord avec la formule ci-dessus : l'isomère (*a*), f. 188°, forme des prismes trapus, peu

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1071.

(²) Aucune réaction n'a été observée avec l'éther méthylique. Sur l'éther éthylique C^2H^5ZnI réagit également, mais d'une manière plus paresseuse, à partir de 50°. Au cours de ces réactions, on observe un dégagement d'éthane, d'où l'on déduit aisément le mécanisme réactionnel; toutefois, la quantité dégagée paraît inférieure à la quantité calculée. Peut-être y a-t-il un autre processus simultané.

solubles dans les solvants; l'isomère (*b*), f. 159°, des aiguilles très allongées, beaucoup plus solubles en général. Leur proportion est $\frac{1}{3}$ de (*a*) pour $\frac{2}{3}$ de (*b*). Sans doute (*b*) est-il l'inactif par nature, (*a*) le racémique.

Mais l'action des alcalis sur ces substances est particulièrement curieuse, elle donne un mélange d'acides que l'on sépare exactement (grâce à la semicarbazide) en phtalonique et phtalide-carbonique. On voit donc que la liaison entre les carbones tertiaires se révèle comme extrêmement relâchée et sensible, cependant que la constitution lactonique de l'éther chloré initial est bien confirmée. Nous avons d'ailleurs réalisé la synthèse du mélange des deux isomères simplement en faisant bouillir l'éther chloré en solution alcoolique avec de l'argent réduit.

Mais le rapprochement de ces résultats avec ceux de notre dernière Note nous paraît justifier les considérations suivantes :

Adoptons le point de vue de Werner et Meerwein sur l'affinité variable dans les liaisons organiques, reportons-nous à ce que l'on sait de certain sur la capacité affinitaire des divers radicaux, on voit que les schémas suivants prévoient tous les résultats énoncés :

C^6H^5 — C($CO^2C^2H^5$) (HOH) ; C < C^6H^4 — CO — O >

C^6H^4 < CO — O > C($CO^2C^2H^5$) — HOH — C($CO^2C^2H^6$) < O — CO > C^6H^4

c'est-à-dire que, dans le noyau de la phtalide, les deux chaînons qui retiennent le carbone α absorbent une grande capacité affinitaire, de sorte qu'entre les deux autres liaisons de valence, la concurrence devient active, et leur intensité respective dépend de la capacité *relative* des deux radicaux substituants.

MINÉRALOGIE. — *Sur la détection et le facies des cristaux de galène et de pyrite.* Note de M. **P. Gaubert**.

Certaines faces cristallines paraissent privilégiées au point de vue de la détection. Ainsi pour la galène, c'est la face a^1 (111), pour la zincite (hexagonale hémimorphe) c'est p (0001). Des physiciens en ont conclu que la détection était due à la répartition des atomes dans les cristaux [1]. D'autre

[1] H.-S. Roberts et L.-H. Adams, *Amer. Min.*, 7, 1922, p. 131. — E.-T. Wherry, *Amer. Min.*, 10, 1925, p. 28. — A.-C. James, *Phil. Magaz.*, 49, 1925, p. 681.

part, d'après la liste des minéraux détecteurs établie par M. Wherry, on peut admettre que tous ceux qui sont conducteurs de l'électricité peuvent dans certaines conditions redresser les courants alternatifs, fait auquel on doit s'attendre, si l'on considère les résultats obtenus par M^lle P. Collet (1) avec la galène et par M. Pélabon (2), qui réalise un détecteur en déposant une couche très mince d'un diélectrique sur un métal.

J'ai examiné s'il y avait une relation entre le pouvoir détecteur des cristaux de galène et de pyrite et leur facies. La détection a été constatée par le son perçu au casque et produit par différents buzzers et par l'audition des stations radiophoniques avec un récepteur à galène seul ou amplifié par une, deux ou trois lampes. On peut graduer, pour ainsi dire, le pouvoir détecteur et, en indiquant sur le dessin de la face considérée, la position et la puissance des points détecteurs, on obtient une figure rappelant celle de la répartition et des dimensions des inclusions d'un minéral.

Les cristaux limités seulement par les faces du cube, habituellement plus purs que les autres, sont en général de mauvais détecteurs et ne présentent qu'accidentellement des points sensibles.

Il n'en est pas du tout de même des cristaux octaédriques qui, presque toujours, sont de très bons détecteurs. Leurs faces de clivage ont de nombreux points très sensibles, et souvent toute la surface l'est plus ou moins. Tel est le cas des cristaux octaédriques de la mine Geraldine (Australie), de Pontpéan, de Poullaouen, de Gar Rouban, d'El Horcajo, etc. Cependant les cristaux octaédriques de Pontgibaud et ceux de la quirogite sont beaucoup moins bons détecteurs que ceux des gisements précédents.

La répartition des points sensibles dans l'étendue d'un cristal a été établie par l'examen des lames de clivage p (001) sectionnant un octaèdre entier; les plans de clivage suivant a^1(111) ne se trouvent que dans les cristaux de quelques gisements exceptionnels, ceux-ci passent pour de bons détecteurs, mais ils sont fort rares.

Dans un octaèdre de la mine Geraldine j'ai trouvé que la partie périphérique du cristal était plus sensible que la partie moyenne, mais moins que le centre. Dans un autre cristal la sensibilité diminuait de la périphérie au centre à peu près inactif. Dans un cubo-octaèdre de El Horcajo de 2^{cm} de diamètre environ, les parties sensibles se trouvaient réparties dans les pyramides ayant pour base les faces de l'octaèdre, la sensibilité étant

(1) P. Collet, *Ann. de Phys.*, 13, 1921, p. 265.
(2) H. Pélabon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 776.

plus grande à la périphérie que vers le centre. Deux autres cristaux ont donné des résultats identiques. Un cubo-octaèdre de Monteponi n'a montré aussi des points sensibles que sur les faces de l'octaèdre. Ces faits concordent avec les expériences de M. J. Cayrel (¹).

Par contre, de beaux cristaux de Neudorf avec les faces p (001), a^1 (111), b^1 (110) n'ont montré aucun point bien sensible. Il est à remarquer qu'ils ont des clivages parfaits et qu'ils sont relativement très purs.

Dès 1908, j'ai constaté que les meilleurs cristaux détecteurs de pyrite de la collection de minéralogie du Muséum étaient parmi ceux qui se présentent en cubes ou avec la combinaison p(001) et $\frac{1}{2}b^2$(210). Les octaèdres sont toujours de mauvais détecteurs et le plus souvent tout à fait insensibles. J'ai réexaminé des cristaux par les mêmes procédés que ceux de galène et ai fait des observations identiques aux premières.

Les faits qui précèdent peuvent être interprêtés par la théorie que j'ai donnée autrefois pour expliquer les modifications du faciès des cristaux. Les cristaux se formant dans une eau mère pure ont toujours les mêmes formes, pouvant être modifiées dans une certaine mesure par la vitesse de cristallisation. Ainsi les faces a^1, b^1 tronquant les cubes de galène de Neudorf doivent être dues à l'influence de la vitesse de formation. Mais, si une matière étrangère en dissolution dans l'eau mère syncristallise avec la substance, le faciès du cristal peut être complètement modifié; au lieu d'un cube il peut se produire un octaèdre et réciproquement. La matière étrangère se dépose seulement sur les nouvelles faces produites et au début sur les angles et arêtes qu'elles tronquent. Les cristaux de galène purs doivent être des cubes et ceux de pyrite des octaèdres. Ceux de galène, avec la forme a^1 et ceux de pyrite (²) avec la forme p contiennent certainement des matières étrangères à l'état cristallin régulièrement orientées sur le cristal. Il est difficile de connaître quelle est la substance étrangère au cristal, les analyses microchimique et spectrale montrant bien les éléments simples mais pas leurs composés. Dans les cristaux octaédriques de galène, il semble que c'est la blende qui contribue à former le cristal mixte.

Pour modifier le faciès du cristal, une très faible quantité de matière étrangère, pouvant être inférieure à $\frac{1}{1000}$ du poids de ce dernier, est suffisante. Elle forme un réseau grossier dans toute la masse. Les couches de cette matière sont excessivement fines et suffisamment minces pour réaliser

(¹) J. Cayrel, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1728.

(²) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1483, et 180, 1925, p. 378.

un détecteur d'après les résultats obtenus par M. Pélabon, si elles sont constituées par un diélectrique. Naturellement il ne faut pas que les couches soient continues, car elles arrêteraient le courant. Par conséquent, pour qu'un point soit sensible, il faut que la pointe touche une couche de cette matière et qu'ensuite le courant puisse se propager, ce qui explique pourquoi tous les cristaux octaédriques ne sont pas bons détecteurs sur toute leur étendue. Le fait qu'un cristal pur n'est jamais sensible n'est pas en faveur des théories physiques basées sur la répartition des atomes.

On voit par ce qui précède que la considération de la détection des cristaux peut permettre d'étudier, non seulement la cause des modifications de leur faciès, mais aussi la nature de la matière étrangère modifiant ce dernier.

GÉOLOGIE. — *Sur la mesure dans laquelle la période silurienne est représentée par ses formations de l'Enceinte tassilienne, et sur la présence de l'Ordovicien au Sahara.* Note de M. **Conrad Kilian**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans de précédentes Communications (¹) à propos des Tassili de l'Ajjer et de l'Emmidir, j'ai indiqué le rôle important des formations siluriennes dans les sédiments constitutifs de l'Enceinte tassilienne et précisé (²) les relations stratigraphiques des Schistes argileux à Graptolithes dans ces régions. Dans une publication plus récente (³), j'ai esquissé la répartition générale des Schistes à Graptolithes et de leurs cortèges des Grès supérieurs et des Grès inférieurs dans le Massif Central Saharien.

Le but de cette nouvelle communication est d'éclairer dans la mesure du

(¹) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 825, et 176, 1923, p. 1240.

(²) A propos des Schistes de Tindesset (Foureau-Lamy), M. Haug a indiqué qu'*il n'avait pu préciser leurs relations stratigraphiques* ni avec les grès sus-jacents, ni avec les terrains cristallophylliens qui affleurent plus au Sud. A propos des Schistes d'El Khenig (Capitaine Cottenest), M. Haug a indiqué également qu'il regrettait que Flamand n'*ait pu préciser la position stratigraphique* des couches dont les Schistes d'El Khenig sont le substratum (*Documents scientifiques de la Mission Foureau-Lamy*, Masson, 1905, p. 754 et 756).

Des Graptolithes furent encore trouvés au Sahara par le Capitaine de Saint-Martin à Aïn Cheikh.

(³) C. Kilian, *Au Hoggar, Mission de* 1922 (Société d'Éditions géographiques maritimes et coloniales, Paris, 1925).

possible une question importante que j'avais dû laisser dans l'ombre en l'absence de mes documents de mission : quels sont les groupes d'étages du système silurien qui sont représentés dans l'Enceinte tassilienne?

La série tassilienne peut être interprétée de la manière suivante :

1° Les grès fossilifères qui affleurent sur le bord externe de l'enceinte tassilienne sont éo-dévoniens.

2° Les « grès supérieurs » que l'on rencontre ensuite quand on marche vers l'intérieur sont probablement en partie, sinon principalement et même totalement, éo-dévoniens et font la transition entre les grès éo-dévoniens fossilifères précédents et les Schistes argileux suivants.

3° Les « Schistes argileux » qui affleurent le long du bord interne des Tassilis externes et sont le soubassement des Grès supérieurs sont (*pro parte maxima*) gothlandiens.

Le gisement de Tanout Mellet (Tassili de l'Ajjer), situé vers le bas des Schistes argileux qui affleurent sur le flanc du Tassili externe dominant le Tehihaout, m'a fourni en effet principalement de nombreux *Monograptus*.

Le gisement de Khanget el Hadid ou Tioumkenin (Emmidir) dans les mêmes Schistes argileux m'a fourni en un de ses points quelques *Monograptus*, dans d'autres points de nombreux *Diplograptidés* ainsi que des *Retiolitidés* en abondance. L'étude sommaire de ces Graptolithes me permet de placer ce gisement dans le Llandovery moyen, supérieur, et la base du Tarannon, dans les zones *à Monograptus convolutus* His., *Sedgwicki* Portl., *turriculatus* Barr. (¹) et dans leurs environs inférieurs et supérieurs.

Les gisements à *Climacograptus* du Tindesset (Tassili de l'Ajjer) et à *Diplograptus* (*Petalograptus*) *palmeus* Barr. d'El Khenig (Tidikelt méridional) appartiennent, semble-t-il, à des horizons voisins et à la même formation.

4° Par l'intermédiaire d'un complexe plus ou moins important de schistes divers et de grès, non fossilifères, les Schistes argileux passent au complexe des « Grès à colonnettes et à RippleMarks », grès en général assez finement stratifiés, lités, que l'on peut considérer comme ordoviciens.

Dans la région d'In Tmanahen, entre Amegid et le Tehihaout, ainsi que dans d'autres régions, j'ai trouvé en abondance dans ces formations des *Tigillites*, voisines de *Tigillites linearis* Hall.

5° L'ensemble massif et puissant des « Grès inférieurs » qui succède à

(¹) Zones 20, 21, 22 de Miss Elles et de Mrs Wood-Shakespear.

ces formations, dans lequel la présence de *Tigillites*, et de corps tubulaires analogues, est également à signaler, pourrait être l'équivalent des Grès armoricains (Arenig), mais il n'y a pas d'impossibilité absolue à ce qu'il arrive à représenter aussi par sa partie inférieure le Trémadoc et les Grès de Potsdam (Cambrien sup.).

6° Enfin viennent les Conglomérats de base de la série tassilienne.

De l'étude de mes documents, de celle du pays, je crois donc pouvoir conclure que le Silurien au Sahara n'est pas limité au seul groupe gothlandien, mais que l'Ordovicien est également présent dans l'Enceinte tassilienne (¹).

Il est possible que l'Ordovicien soit assez généralement répandu (²) sur le Bouclier saharien des Schistes cristallins anté-cambriens, vers la base de la couverture paléozoïque qui recouvre souvent ce bouclier en discordance de transgression; et cette conclusion porte peut-être jusque fort loin du Massif Central Saharien, étant donné le caractère très vaste que peuvent revêtir les choses sur l'immense masse qu'est, en Afrique Centrale et Occidentale, ce que j'ai appelé le Bouclier ou Faîte saharien.

VULCANOLOGIE. — *Sur l'analyse spectrale des flammes du volcan de Santorin* (*éruption de* 1925). Note de MM. **G. Georgalas** et **N. Liatsikas**, présentée par M. H. Douvillé.

Nous avons insisté (³) sur la présence des flammes pendant les explosions du volcan de Santorin, flammes sortant des trous et fissures du petit dôme central, qui surmonte les épanchements de la lave nouvelle.

Ces flammes sont de deux sortes différentes : les unes (les plus abondantes) d'une couleur orange rouge, ondulantes, atteignent quelquefois, pendant les explosions fortes, la hauteur de 20 à 25^m; les autres d'une couleur vert jaune ou vert bleu ou bleu, ont une forme de lance; elles sont peu développées et atteignent seulement au plus la hauteur de 1^m.

(¹) Ainsi est confirmé le pronostic de M. Haug soupçonnant l'existence de l'Ordovicien en Afrique à propos de l'Emmidir (ou Mouydir) (E. F. Gauthier) et à propos des Schistes du Tindesset (Foureau-Lamy).

(²) C'est peut-être à l'Ordovicien qu'il faudrait rattacher des Grès à *Cruziana* du nord-ouest de Bilma, les grès à *Harlania* du nord-ouest de Bilma, ceux de l'Ennedi, etc.

(³) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 425-427.

Comme la fréquence des projections de pierres incandescentes rendait impossible l'étude de la nature des gaz combustibles, émanés du petit dôme central du volcan, nous avons employé dans ce but l'analyse spectrale, seule méthode capable de fournir des renseignements précis.

La première étude a été exécutée (avec un spectrographe de Hilger) pendant les nuits du 24 au 25 septembre et du 26 au 27 du même mois, à une distance de 480^m environ du dôme du volcan, du côté sud de celui-ci. Nous avons constaté la présence dans le spectre continu, provenant des pierres incandescentes, de raies appartenant à l'hydrogène (raie bleue $\lambda = 486,1$) et au sodium (raie D); quelques autres raies et bandes dans la partie bleue du spectre, trop faibles, n'avaient pu être déterminées par nous.

Pendant les deux analyses spectrales que M. le professeur Chondros a exécutées avec l'un de nous (M. Georgalas) et du même point, pendant les nuits du 17 au 18 et du 19 au 20 octobre 1925, la présence dans les flammes du sodium, de l'hydrogène, et probablement celle du chlore, a été constatée.

Après le départ de M. le professeur Chondros, nous avons répété l'analyse spectrale pendant la nuit du 25 au 26 octobre, mais cette fois du cône de Georgios, c'est-à-dire d'une distance de 270^m environ. Pendant cette nuit, les flammes ont atteint une grande hauteur (15^m à 20^m) et, à l'aide d'une lentille mise devant la fente du spectroscope, nous avions le maximum de concentration des rayons.

Les raies observées pendant cette nuit étaient les suivantes :

Hydrogène...	raie bleue ($\lambda = 486,1$)
Sodium......	raie D
Chlore.......	raies bleues ($\lambda = 481$; $479,4$; $489,7$; $490,3$)
Azote........	bandes bleues

et, selon toute probabilité, raies du fer (?) et de l'oxygène.

De ce qui précède, nous déduisons la présence dans les mélanges gazeux qui sortent du dôme central du volcan, de l'hydrogène, de vapeurs de chlorure de sodium, de l'azote et de l'oxygène et probablement de chlorure de fer (?).

Nous devons ajouter ici : *a.* qu'une fumerolle située sur le dos de la langue NW de la lave nouvelle dès le 14 octobre et à une distance du petit dôme central de 600^m environ, avait une température de 150-220° C.; elle était riche en vapeurs d'eau et elle exhalait de l'acide chlorhydrique, de l'acide

carbonique et de l'acide sulfureux (ce dernier en faible quantité); *b*. que pendant quelques-unes de nos ascensions au sommet de Giorgios, où nous nous sommes trouvés dans les nuées du volcan, l'odeur de SO^2 était manifeste et quelquefois cet acide était en si grande quantité que nous avons été obligés de fuir en hâte pour sortir du nuage et respirer de l'air frais.

BOTANIQUE. — *Sur le cycle évolutif chez une espèce de Myxomycète Endosporée*, Didymium difforme (*Duby*). Note de M. **F.-X. Skupiénski**, présentée par M. J. Costantin.

Didymium difforme (Duby) est un Myxomycète de la famille des Didymiacées, qui se développe sur des végétaux en voie de décomposition et surtout sur le foin. En partant d'un seul sporange, provenant du milieu naturel, on peut obtenir jusqu'à douze générations par an.

Pour avoir le matériel nécessaire à mes recherches, je cultive le *Didymium difforme* sur une décoction de foin ou de carotte rouge à 20 pour 1000, additionnée de 20g de gélose par litre. Je le cultive également sur des brins de paille ainsi que sur des morceaux de carotte rouge, dans des tubes à essai. Ces milieux sont maintenus à la température de la chambre comprise entre 13° et 16° en hiver et entre 16° et 25° en été.

Les sporanges sont sessiles et paraissent le plus souvent sous forme de plasmadiocarpes. Les spores sont toujours accompagnées par les bactéries qui se multiplient rapidement et servent de nourriture aux zoospores, myxamibes et plasmodes.

Pour l'étude sur le vivant aussi bien que pour les recherches d'ordre cytologique, j'emploie toujours le dispositif des lamelles appuyées sur des lames au moyen de quatre boules de cire stérilisée : cela permet une aération constante de la culture, nécessaire au développement complet. Pour ce genre de microcultures, j'emploie comme milieu une décoction de carotte rouge à 10 pour 100 stérilisée, en vue d'empêcher le développement trop rapide des bactéries gênantes pour l'observation.

Les spores germent de 2 à 10 heures après l'ensemencement et donnent chacune une masse plasmatique presque sphérique, immobile et munie d'un seul noyau. Au bout de 2 à 3 heures, ces masses sphériques se transforment

en zoospores, munies d'un fort cil vibratile. Après un certain temps les zoospores se divisent chacune en deux parties. J'ai constaté, sur un grand nombre de cultures, que cette première division, considérée par certains auteurs (Jahn, Lister) comme réductrice, peut se passer avant la germination de la spore. De cette façon, au moment de la germination, de l'enveloppe sporale sortent deux masses plasmatiques munies chacune d'un seul noyau et dont chacune deviendra ensuite une zoospore.

Cette première division de chaque zoospore est suivie d'une seconde division des zoospores filles. Le nombre de ces divisions successives est variable de quatre à cinq.

A un moment donné, chaque zoospore perd son cil vibratile, s'arrondit, s'entoure d'une fine membrane et devient ainsi un kyste. Ce phénomène d'enkystement durant environ 12 heures est un fait constant dans le *Didymium difforme* et n'est pas provoqué par des facteurs physico-chimiques. Ce phénomène n'a jamais été observé par moi au cours du développement des autres Myxomycètes. S'il y a des cas d'enkystement, ce dernier est provoqué par les facteurs externes.

Au bout de quelques heures de chaque kyste sort une myxamibe qui, en se dirigeant vers la périphérie de la préparation, continue à se diviser, ce qui assure la multiplication de l'espèce. Finalement toutes les myxamibes arrivent au bord de la lamelle et, entremêlées de bactéries, forment une traînée compacte.

A un moment donné, on peut très bien voir les myxamibes se grouper par paire et les deux myxamibes d'une même paire devenues gamètes se fusionnent entre elles.

Le *Didymium difforme* possède des myxamibes de deux sortes (+) et (—), provenant des zoospores (+) et (—) par une série de divisions multiplicatrices.

Une myxamibe (+) et une myxamibe (—) en s'unissant fusionnent leurs protoplasmes et leurs noyaux : il se fait ainsi un *œuf* ou *zygote*.

Le zygote présente des caractères morphologiques très différents de ceux des myxamibes. Il est tout d'abord plus volumineux, il est plus vacuolisé, et les courants rythmiques du protoplasme, qui n'existent pas chez les myxamibes, sont ici très visibles.

A un moment donné le zygote s'arrête, s'arrondit, sécrète une fine membrane et devient ainsi un kyste. Ce phénomène se produit régulièrement chez cette espèce et n'est pas provoqué par les facteurs physico-chimiques. Tous les zygotes passent par le stade d'enkystement.

Après un certain temps de repos, le zygote quitte sa membrane et évolue en un plasmode plurinucléé et ramifié.

Les myxamibes qui n'ont pas joué un rôle sexuel sont destinées à disparaître, englobées et digérées par les plasmodes de formation sexuelle.

Cultures monospermes. — J'ai entrepris des cultures à partir d'une seule spore.

Ces cultures monospermes m'ont permis d'éclairer complètement le problème de la sexualité chez le *Didymium difforme*. Les tubes à essai contenant de l'agar à l'infusion de carotte rouge, ont reçu chacun une seule spore, transportée avec toutes précautions à l'aide d'une fine pipette, et placés à une température stable de 15°C. A côté de ces cultures monospermes ont été placées de nombreuses cultures polyspermes.

Au bout de quelques jours, dans tous les tubes contenant plusieurs spores ont apparu de beaux plasmodes, tandis que les tubes contenant chacun une seule spore n'en présentaient aucune trace. Un rapide examen microscopique m'a pourtant permis de constater que, dans l'eau de condensation de ces derniers, il y avait de nombreuses zoospores et myxamibes.

J'en ai conclu que ces éléments sont unisexués. Une simple opération confirma ma supposition. En introduisant dans un nouveau tube contenant de l'agar à infusion de carotte, à l'aide d'une fine pipette, des myxamibes et des zoospores provenant de deux cultures monospermes différentes, j'ai obtenu des plasmodes qui ont fructifié.

Cette seule expérience nous démontre que les spores de *Didymium difforme* sont unisexuées et que l'œuf (ou zygote) y résulte de la fusion de deux myxamibes-gamètes de signes différents (+) et (−), provenant chacune de deux spores sexuellement différentes (+) et (—).

Didymium difforme est donc une espèce hétérothallique, puisqu'il faut deux sortes de spores pour obtenir les deux sortes de myxamibes-gamètes et la fructification.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la température sur l'intensité de la respiration des plantes submergées.* Note de M. A. **Hée**, présentée par M. Guignard.

Les différents auteurs (Rischavi, Bonnier et Mangin, Clausen, Matthaei, etc.) qui se sont préoccupés d'étudier l'influence de la température sur la respiration de fragments de végétaux ou de plantes totales, ont tou-

jours opéré en milieu aérien. L'emploi de la méthode colorimétrique pour évaluer le CO^2 dégagé nous a permis de faire semblable recherche sur les végétaux submergés. La technique est sensiblement celle utilisée précédemment pour étudier l'influence de la teneur en oxygène de l'eau sur la respiration des plantes submergées ([1]). L'intensité respiratoire est évaluée par les variations d'acidité de l'eau.

Nos recherches ont porté sur deux phanérogames : *Elodea canadensis* et *Myriophyllum spicatum* et sur une algue verte filamenteuse appartenant au genre *Cladophora*. Les mesures ont été faites aux mêmes heures, à raison d'une par jour, à l'obscurité et pendant trois heures. Avant expérience, les plantes étaient portées lentement et progressivement à la température à laquelle devait être faite la mesure et laissées à cette température pendant un temps minimum d'une heure. Les mesures, faites dans un ordre quelconque au point de vue de la température, ont été échelonnées de 10 à 40° ; cette dernière température n'a pas été dépassée pour éviter une altération possible des plantes. L'eau employée présentait toujours, au début de l'expérience, un pH voisin de 7,7. Un témoin était toujours utilisé.

Les résultats expérimentaux sont réunis dans les Tableaux suivants :

Série I.

Températures		10°.	16°.	20°.	24°.	26°.	30°.	37°,5.	39°,5.
		Variations du pH.							
Elodea canadensis	I...	0,08	0,16	0,19	0,24	0,25	0,31	0,35	0,37
Elodea canadensis	II...	0,09	0,14	0,18	0,24	0,24	0,32	0,35	0,37
Myriophyllum spicatum	I...	0,09	0,16	0,18	0,23	0,24	0,31	0,34	0,36
Myriophyllum spicatum	II...	0,07	0,14	0,16	0,22	0,23	0,29	0,33	0,35

Série II.

Températures		12°,5.	18°.	24°.	30°.	33°.	36°.	38°,5.	40°.
		Variations du pH.							
Myriophyllum spicatum	III...	0,06	0,10	0,12	0,19	0,20	0,20	0,24	»
Myriophyllum spicatum	IV...	0,07	0,10	0,14	0,21	0,21	0,22	0,27	»
Cladophora sp.	I...	0,06	0,08	0,11	0,18	0,19	0,21	0,26	0,29
Cladophora sp.	II...	0,05	0,07	0,10	0,16	»	0,20	0,22	0,24

L'examen des chiffres ci-dessus met en évidence les deux faits suivants qui corroborent ceux établis par les auteurs précédents sur les végétaux

([1]) A. Hée et R. Bonnet, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 457.

aériens : 1° la respiration des plantes submergées augmente constamment avec l'accroissement de la température du milieu ambiant; 2° il ne paraît pas y avoir de valeur optimale.

En outre il est facile de voir que l'accroissement de la respiration en fonction de la température n'obéit pas à la *règle* de Van't Hoff encore admise par de nombreux biologistes. En effet, si nous établissons, par exemple, les coefficients thermiques Q_{10} à l'aide des chiffres expérimentaux de la série I correspondant aux températures de 10°, 20°, 30°, 39°,5, nous voyons que le Q_{10} prend les valeurs suivantes :

Pour *Elodea*	I.........	2,37	1,63	1,25
» »	II........	2,00	1,77	1,16
» *Myriophyllum*	I.........	2,00	1,72	1,17
» »	II........	2,28	1,81	1,21

alors que, si la règle de Van't Hoff était respectée, le Q_{10} devrait être compris entre 2 et 3. Ceci confirme les observations judicieuses de Matisse [1].

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations quantitatives des substances hydrocarbonées, dans les feuilles des plantes vertes au cours d'une journée.* Note de M. **P.-P. Stanescu**, présentée par M. M. Molliard.

Dans une Note précédente [2] j'ai montré comment l'amidon varie quantitativement pendant un jour dans les feuilles des plantes vertes.

J'ai cherché ensuite à examiner cette question d'une manière plus précise et, cette fois, non pas seulement pour l'amidon.

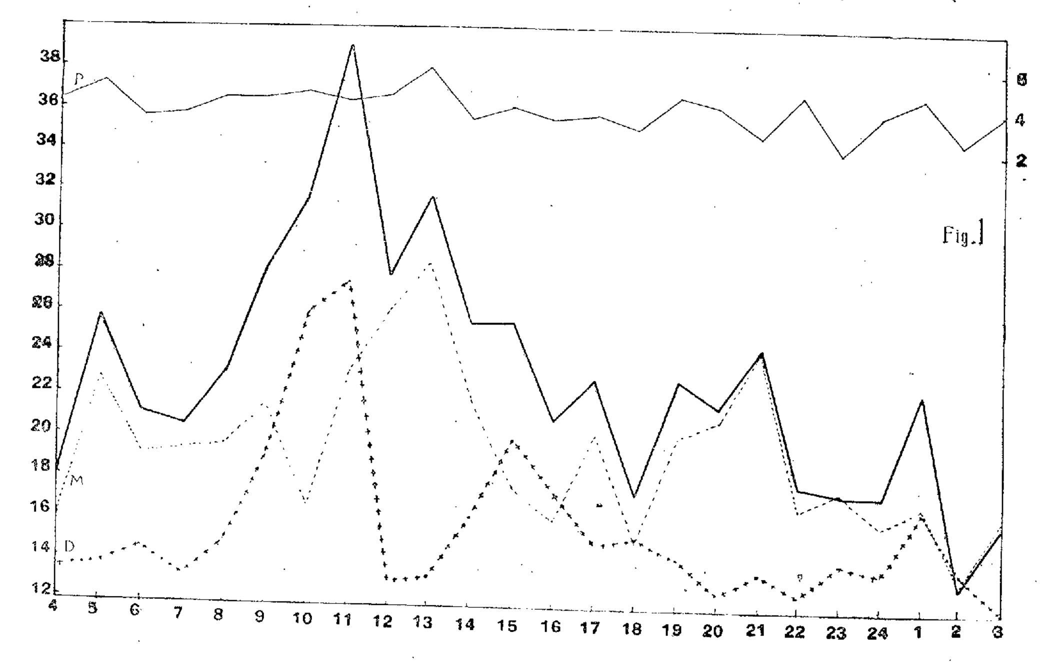
Méthode. — A des intervalles de temps déterminés (le plus souvent d'heure en heure) j'ai récolté un certain nombre de feuilles, de préférence toujours le même, du même endroit ou, autant que possible, du même individu. Les feuilles étaient débitées en petits morceaux et desséchées le plus vite possible; elles étaient enfin réduites en poudre et celle-ci servait à la préparation des extraits aqueux nécessaires aux dosages chimiques. J'ai dosé les substances directement réductrices (prédominantes : les monosaccharides), les substances qui réduisent après hydrolyse par l'acide chlorhydrique étendu de l'extrait initial (prédominantes : les disaccharides) et les

(1) *Action de la chaleur et du froid sur l'activité motrice des êtres vivants* (*Thèse*, Paris, 1919).

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 117.

substances qui réduisent après hydrolyse de la poudre en autoclave à 140° et ébullition avec de l'acide chlorhydrique plus concentré (prédominantes : les polysaccharides, notamment l'amidon).

Résultats. — 1° Les plantes examinées [*Acer Negundo*, *Urtica dioïca* (deux



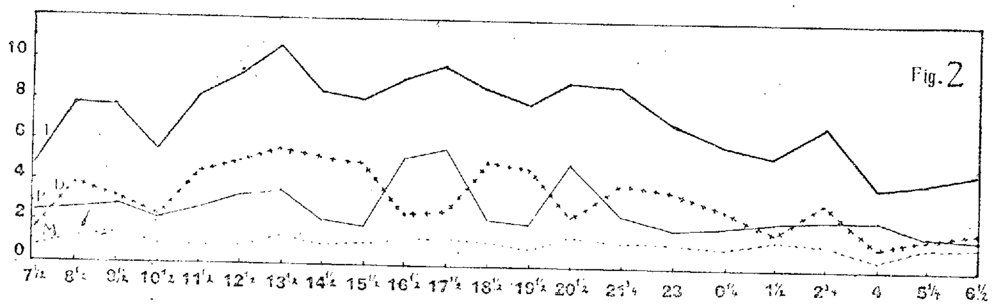


Fig. 1. — *Polyanthes tuberosa*. — Fig. 2. — *Medicago sativa*.

M, monosaccharides; D, disaccharides; P, polysaccharides; T, courbe totale des hydrates de carbone (dans la figure 1, T, qui devait être au commencement de la courbe, manque). En abscisses : les heures; en ordonnées : les quantités calculées pour 100 du poids sec (pour P, fig. 1, lire les quantités à droite).

fois), *Carpinus Betulus*, *Medicago sativa* (deux fois), *Rhus typhina* (deux fois), *Polyanthes tuberosa*] peuvent être rangées en trois catégories : *a. saccharophiles* (*Polyanthes tuberosa*), caractérisées (*fig.* 1) par une forte variabilité des courbes des hydrates de carbone solubles et une variabilité insignifiante,

par rapport aux précédentes, de la courbe des polysaccharides; *b. amylophiles typhiques* (*Medicago sativa*) caractérisées (*fig.* 2) par une forte variabilité de la courbe des polysaccharides et une variabilité insignifiante de celle des monosaccharides; *c. amylophiles* (les autres), chez lesquelles ces différences ne sont pas aussi prononcées, ou même n'existent pas : toutes les courbes varient presque également.

2° Les disaccharides varient, en général, plus qu'un autre hydrocarboné.

3° Selon les plantes considérées, chacune des trois catégories d'hydrates de carbone peut prédominer quantitativement.

4° La courbe totale des hydrates de carbone descend vite et plus ou moins définitivement vers le soir (à partir de 16^h-18^h), mais elle peut commencer à descendre même bien avant le matin, même par des jours clairs et chauds.

5° La courbe des monosaccharides peut s'élever beaucoup et d'une manière soutenue pendant la nuit (résultat de l'hydrolyse des autres hydrates de carbone, dont les courbes ne s'élèvent la nuit que beaucoup plus rarement et beaucoup moins).

6° En général, la courbe totale ressemble le plus à la courbe de l'hydrate de carbone qui se trouve en plus grande quantité dans la feuille, ou qui varie le plus.

7° Les courbes des divers hydrates de carbone peuvent aller plus ou moins parallèlement, ou bien elles peuvent être opposées les unes aux autres; en ce cas, il paraît y avoir une compensation entre ces divers produits de la photosynthèse, ce qu'on voit avec une netteté particulière pendant la journée et surtout en été.

8° Le maximum total le plus important des hydrates de carbone se produit en été.

9° L'heure de son apparition, ainsi que de celui de chaque catégorie d'hydrocarbonés, est très variable; en général les maximums sont atteints plutôt en été. Ordinairement, ils surviennent bien avant le soir et quelquefois même le matin.

10° Le minimum total survient pendant les dernières heures de la nuit ou les premières du matin.

Conclusion. — De ces résultats ressort avec évidence le caractère de phénomène rythmique de la photosynthèse. Ce caractère est particulièrement net pendant la journée et surtout en été.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Application de la méthode biochimique de recherche des glucosides hydrolysables par la rhamnodiastase à l'étude des racines fraîches du* Polygonum cuspidatum *Sieb.* et *Zucc. Obtention d'un glucoside nouveau, le polydatoside.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Béguin**, présentée par M. L. Guignard.

Perkin a extrait, en 1895, de l'écorce sèche de racine de *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc., un glucoside donnant par hydrolyse acide de l'émodine et un sucre indéterminé. Il a appelé ce glucoside cuspidatine [1] et polygonine [2].

Nous avons appliqué à l'écorce fraîche la méthode biochimique à la rhamnodiastase, telle qu'elle a été décrite récemment par MM. Bridel et Charaux [3]. Dans un liquide dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^g d'écorce fraîche, l'invertine a provoqué un changement de déviation vers la gauche de 1°20, avec formation de $0^g,830$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}. Ces chiffres correspondent à l'hydrolyse du saccharose dont l'écorce fraîche renfermerait $0^g,788$ pour 100^g. Sous l'action de la rhamnodiastase, il s'est fait un changement de déviation vers la droite de 13′ et le sucre réducteur a augmenté de $0^g,086$, soit un indice de 397.

Nous avons réussi à extraire le glucoside dont la méthode à la rhamnodiastase avait indiqué la présence.

L'écorce fraîche a été projetée dans l'alcool bouillant. La solution alcoolique a été évaporée à sec, sous pression réduite. Le résidu a été repris par de l'eau distillée tiède et la solution filtrée de façon à obtenir 1000^{cm^3} de solution pour 1000^g d'écorce. Au repos, il s'est fait des cristaux colorés en jaune que l'on a recueillis : ils constituent le glucoside brut; on l'a purifié par cristallisation dans un mélange d'acétone et d'éther et, finalement, par une nouvelle cristallisation dans l'eau.

Le glucoside ainsi obtenu peut être considéré comme pur. Nous proposons de l'appeler *polydatoside*. Il se présente sous la forme d'une poudre, blanc crème, constituée par de très petites lamelles incolores. Il fond à + 153° 154°, au bloc Maquenne. Il renferme 11,38 pour 100 d'eau qu'il perd facilement à + 100°. En solution alcoolique, son pouvoir rotatoire est

$$\alpha_D = -57°,91 \qquad (p = 0,2187;\quad v = 10;\quad l = 2;\quad \alpha = -2°32'),$$

soit $\alpha_D = -65°,35$ pour le produit anhydre.

---

(1) *Chem. News*, **72**, 1895, p. 278.

(2) *Journ. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 1084.

(3) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1167.

Il est, pour ainsi dire, insoluble dans l'eau, à la température ordinaire. Il n'est pas réducteur.

Hydrolysé par l'acide sulfurique à 5 pour 100, à l'ébullition, il fournit un produit insoluble dans l'eau et une liqueur jaune renfermant un principe soluble dans l'éther et un sucre réducteur dextrogyre, représentant 50,25 pour 100 du polydatoside anhydre. Le sucre réducteur a été obtenu à l'état pur et cristallisé et caractérisé comme glucose par son pouvoir rotatoire et sa forme cristalline.

Le dosage du glucose effectué en solution méthylique sur le sucre d'hydrolyse sulfurique par la méthode de Bourquelot et Bridel, a montré que le sucre est uniquement constitué par du glucose.

Le polydatoside est hydrolysé par la rhamnodiastase. Il se forme un produit blanchâtre, cristallisé, insoluble dans le liquide d'hydrolyse qui devient réducteur. Exprimé en glucose, le sucre réducteur représente 42,24 pour 100 du polydatoside anhydre.

Le produit d'hydrolyse insoluble dans l'eau, que nous proposons d'appeler *polydatogénol*, cristallise dans l'éther en lamelles incolores. Il possède une teinte blanc crème. Si l'on traite sa solution éthérée par de l'eau ammoniacale, la couche aqueuse prend immédiatement une teinte jaune virant au rouge en quelques heures.

Le polydatogénol se sublime sans fondre entre +245° et +250°, en laissant un résidu charbonneux.

ENTOMOLOGIE. — *Orthogénèse des muscles vibrateurs longitudinaux du vol chez les Diptères.* Note de M. L. **Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons montré, Cuénot et moi [1], qu'il existe deux types d'architecture des muscles vibrateurs longitudinaux du vol chez les Diptères : le type *muscidé* et le type *empidé*.

Dans le type muscidé chacun des muscles, vu en coupe transversale, est formé d'une seule série de fibres superposées en file verticale. Ce dispositif est le plus fréquent ; j'ai constaté son existence chez : *Calliphora erythrocephala* Meig., *Fucellia maritima* Hal., *Cœlopa frigida* Fall., *Barborus*

[1] Cuénot et L. Mercier, *La perte de la faculté du vol chez les Diptères parasites* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 433).

equinus Fall., *Limosina pusilla* Meig., *Sphærocera subsultans* Fbr., *Nemopoda cylindrica,* Fbr., *Hecamede albicans* Meig., *Drosophila melanogaster* Meig., *Geomyza sabulosa* Hal., *Clunio marinus* ♂ Hal. et enfin chez certains Pupipares (*Hippobosca equina* L. et *Lipoptena cervi* L. ailé). Chez la plupart de ces espèces, le nombre des fibres qui entrent dans la constitution de chacun des muscles vibrateurs est généralement de six (au total 12 fibres). Cependant, j'ai constaté, chez un certain nombre des espèces citées, une légère variation portant sur une ou deux unités en plus ou en moins.

Le type empidé est moins fréquent que le précédent; jusqu'à présent, je ne l'ai observé que chez des *Empidæ*, des *Asilidæ* et chez un Pupipare (*Lynchia maura* Big.). Dans ce type, chaque muscle est formé de deux ou plusieurs séries de fibres disposées côte à côte. Aussi, généralement, le nombre des fibres est plus considérable que dans le type muscidé et j'ai compté, au total, 160 fibres chez *Asilus trigonus* Meig. et 57 chez *Chersodromia hirta* Walk.

Ces deux types d'architecture des vibrateurs longitudinaux correspondent-ils à deux plans d'organisation différents et bien déterminés? Ou bien, sont-ils réductibles l'un à l'autre?

En un mot, est-il possible de concevoir une orthogénèse de ces muscles? L'étude des vibrateurs longitudinaux chez diverses espèces du genre *Chersodromia* (*Empidæ*) permet, je crois, de répondre à cette question.

Il existe, sur la côte du Calvados, trois espèces relativement communes du genre *Chersodromia : Ch. hirta* Walk., *Ch. difficilis* Lundb. et *Ch. incana* Walk. Toutes trois présentent sensiblement le même comportement et possèdent des ailes en apparence propres au vol.

Or, des coupes sériées du thorax pratiquées chez ces trois espèces montrent que le nombre total des fibres des vibrateurs longitudinaux est de : 57 à 29 chez *Ch. hirta*, 36 à 21 chez *Ch. difficilis*, 22 à 15 chez *Ch. incana*.

Ces observations permettent d'établir :

1° Que la variation dans le nombre des fibres des vibrateurs longitudinaux est la règle dans le genre *Chersodromia*. Elle est une caractéristique du patrimoine héréditaire du genre et j'ai eu raison d'émettre antérieurement des réserves (1) en ce qui concerne l'action possible de certains facteurs du milieu extérieur comme cause déterminante de cette variation chez *Ch. hirta*.

(1) L. MERCIER, *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Ch. hirta *Walk. Perte de la faculté du vol* (*Comptes rendus*, 171, 1920, p. 933).

2° Que l'on peut établir une orthogénèse régressive du nombre des fibres suivant l'ordre : *hirta, difficilis, incana*.

D'autre part, le nombre minimum de fibres (15 fibres) que l'on peut observer chez *Ch. incana* est bien près du nombre 12 qui caractérise le type muscidé; d'autant plus que ce dernier nombre n'est pas absolu. En effet, nous avons eu l'occasion, Cuénot et moi (¹), d'étudier des individus de *Drosophila melanogaster* présentant 13, 14, 15 et 16 fibres. Mais en plus de cette question du nombre des fibres, il faut encore noter une modification importante dans le rangement de celles-ci. En effet, alors que certains exemplaires de *Ch. incana* possèdent, comme c'est la règle chez *Ch. hirta* et *Ch. difficilis*, la disposition sériée caractéristique du type empidé, d'autres exemplaires présentent une tendance très nette vers le type muscidé. Les deux types d'architecture des vibrateurs longitudinaux existant chez une même espèce, *Ch. incana*, on doit donc admettre qu'ils sont réductibles l'un à l'autre.

Dès lors l'orthogénèse des vibrateurs longitudinaux des Diptères peut être conçue de la façon suivante :

Les Diptères proviennent d'une souche ancestrale qui possédait des vibrateurs longitudinaux formés de nombreuses fibres disposées côte à côte (comme les Hémiptères et les Hyménoptères pour ne citer que des Insectes pourvus d'ailes à battements vibratoires). Ce type ancestral d'architecture s'est conservé chez un petit nombre de Diptères actuels (type empidé) alors que chez la plupart s'est réalisé le type muscidé qui comporte une réduction du nombre des fibres et leur disposition unisériée dans chacun des muscles.

MORPHOLOGIE GÉNÉRALE. — *De l'importance des caractères structuraux dans l'interprétation de certains fossiles rangés dans les Reptiles*. Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A chaque classe de Vertébrés correspond, quand on considère les formes actuelles, un type structural bien défini. Leur architecture est en effet sous

(¹) L. Cuénot et L. Mercier, *Les muscles du vol chez les mutants alaires des Drosophiles*, Drosophila melanogaster *Meig* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 112).

la dépendance de la position des ceintures relativement au cœlome, position qui détermine les rapports réciproques des grands appareils. Nous bornant au cas des Vertébrés quadrupèdes, nous voyons que [1] :

1° Les Amphibiens sont caractérisés par la situation de la ceinture scapulaire, placée immédiatement en arrière du crâne (absence de cou), et par celle du plancher pelvien, au-dessous duquel s'étend le cœlome.

2° Les Reptiles comprennent les formes ayant une ceinture scapulaire qui entre dans la composition du thorax (présence d'un cou) et qui le ferme ventralement, tandis que la ceinture pelvienne occupe la même position que chez les Amphibiens et a les mêmes rapports avec le cœlome.

3° Les Mammifères [2] Euthériens et Métathériens ont une ceinture pectorale indépendante de la cage thoracique et qui ne prend pas part à sa fermeture ventrale. Une telle disposition, en rapport avec le perfectionnement de l'appareil respiratoire, présente une importance physiologique capitale. Enfin la ceinture pelvienne est refoulée très en arrière, en dehors du cœlome. Ostéologiquement, ce dernier caractère se traduit par l'attache préacétabulaire de l'ilium au sacrum.

La classe des Reptiles, telle qu'on la conçoit en tenant compte des genres vivants et fossiles, n'offre, en aucune façon, les caractéristiques d'un groupe naturel. En se basant sur les caractères structuraux, autrement dit sur les caractères qui traduisent les rapports réciproques des organes (les caractères morphologiques, qui en reflètent le dessin, parleraient dans le même sens, mais, étant moins importants, leur témoignage est moins décisif), on est conduit à un groupement nouveau des formes qui composent actuellement cette classe.

L'importance de ces caractères structuraux dans l'étude des types fossiles a été pleinement mise en lumière par G. A. Boulenger [3], qui a déjà proposé, en s'appuyant sur la position du plancher pelvien, une division des Reptiles en deux groupes. Considérons quelques-unes des formes qui

---

(1) L. Vialleton, *Rapports ontogéniques des ceintures pelvienne et thoracique chez les Vertébrés tétrapodes* (*Comptes rendus*, 165, 1917, p. 190).

(2) Je laisse de côté les Oiseaux, dont l'étude allongerait par trop cette note et ne contribuerait en rien à la solution du problème que nous allons examiner plus loin. Ils présentent d'ailleurs, comme Huxley l'a montré depuis longtemps, la même architecture que les Reptiles.

(3) G.-A. Boulenger, *Considérations sur les reptiles permo-triasiques de l'ordre des Cotylosauriens* (*Comptes rendus*, 165, 1917, p. 456).

constituent l'un de ces groupes, pour lequel Boulenger propose de reprendre le nom de *Theromora*.

L'examen du genre *Seymouria*, placé dans l'ordre des Cotylosauriens, et que l'on considère comme un Reptile primitif établissant la transition entre les Amphibiens Embolomères et les Reptiles, nous montre un type à ceinture pectorale située immédiatement en arrière de la tête, et qui, par suite, ne présente pas de cou. Cette absence de la courbure nuchale et les conséquences structurales qu'elle entraîne (mode d'insertion des carotides sur les crosses aortiques, cloisonnement particulier du cœlome, position des appareils respiratoire et hépatique), par comparaison avec les Amphibiens actuels, ne permettent plus de considérer *Seymouria* comme un Reptile, et nous obligent au contraire à le placer dans les Amphibiens. L'examen des caractères morphologiques du crâne et de l'ensemble du squelette nous conduit à le rapporter aux Embolomères, dont il constitue un genre très spécialisé.

Si nous considérons maintenant les *Paréiasauriens* et les *Thérapsidiens*, en nous bornant à l'examen des genres dont on connaît le squelette complet (*Pareiasaurus*, *Cynognathus*, etc.), nous voyons une architecture toute différente de celle que nous présentent les autres Reptiles fossiles ou actuels.

La ceinture pectorale, au point de vue morphologique, ressemble beaucoup (chez *Cynognathus* tout au moins) à celle des Monotrèmes. Mais alors que chez ces derniers elle se trouve projetée en avant, sous la région cervicale, elle semble bien encore, dans les types paléozoïques, entrer dans la composition du thorax. La ceinture pelvienne est constituée par un ilium dont l'attache avec le sacrum est située en avant de l'acétabulum, ce qui a pour résultat de rejeter très en arrière le plancher pelvien, dans une situation analogue à celle qu'il présente chez les Mammifères. On sait qu'une pareille disposition est liée, dans ces derniers, à des rapports spéciaux avec le sinus uro-génital, rapports qui peuvent nous donner une idée de ceux qui existaient chez *Pareiasaurus*, *Cynognathus* et les genres voisins.

Cette architecture nous conduit à retirer des Reptiles les formes qui la présentent (*Paréiasauriens* et *Thérapsidiens*) et à les ériger en un groupe qui, par comparaison avec ce que nous présentent les formes vivantes, pourrait être considéré comme une classe. A ce groupe on peut donner le nom de *Théromorpha*, créé par Cope, et qui a la priorité sur le terme *Theromora* du même auteur.

La position de la ceinture pectorale de ces *Théromorphes* ne peut donc dériver de celle présentée par *Seymouria*, comme on l'a prétendu parfois.

D'autre part, la ceinture pelvienne de *Seymouria* est placée sous la cavité abdominale, alors qu'elle devrait être en arrière du cælome s'il y avait une relation génétique entre les deux groupes. Le groupe des Théromorphes se trouve ainsi nettement délimité par rapport aux Amphibiens; il l'est d'une façon non moins précise vis-à-vis des Reptiles proprement dits; enfin les rapports particuliers de la ceinture pectorale avec le thorax (influence sur le mode de respiration) distinguent des Mammifères les formes qui le composent.

ZOOLOGIE. — *Contractilité de l'appareil excréteur chez les larves du* Rhabditis pellio (*Schn*). Note de M. **Maurice Aubertot**, présentée par M. L. Joubin.

La contractibilité de l'appareil excréteur chez les Nématodes a été mise en question par quelques auteurs.

Bastian ([1]) n'a pas réussi, chez l'*Ascaris marginata*, à définir la structure exacte des canaux latéraux; il ne fait cependant aucun doute pour lui que « it is a kind of muscular tissue, capable of contracting and dilating ». En 1876, Leuckart ([2]), s'appuyant de considérations histologiques, émet l'opinion contraire : « Auch die histologische Beschaffenheit spricht kaum für die Annahme einer eignen Contractilität indem die Wandungen der Excretionskanäle nirgend eine faserige Textur erkennen lassen ». Si, chez le *Dochmius*, le contenu des tubes excréteurs est expulsé sous forme de gouttelettes, à intervalles réguliers, ce n'est pas à la suite de l'activité des parois vasculaires; la contraction serait plus vraisemblablement « die Folge als die Ursache der Entleerung ». Golowin ([3]) se borne à mentionner ces deux auteurs sans donner son avis personnel. Plus récemment Maupas ([4]), examinant le *Rhabditis lucianii* immobilisé par compression, peut constater que la branche postérieure des canaux latéraux, qui tranche nettement sur le fond clair de l'ovaire, est animée de mouvements rythmiques de contraction et de dilatation; pendant la contraction le canal disparaît complètement. Pour lui, c'est un phénomène propre à ces canaux, dans le but de faire circuler le liquide de leur cavité.

En étudiant à un fort grossissement (8B × — 1/12 imm. Leitz) certaines

---

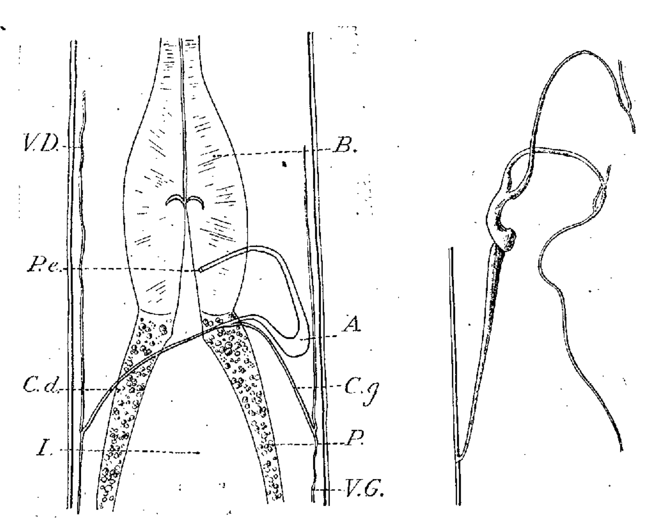
([1]) Bastian, *On the anatomy and physiology of the Nematoïds, parasitic and free* (*Philos. Trans. of the R. Soc. of London*, vol. 156, Part I, 1866, p. 589).

([2]) Leuckart, *Die menschlichen Parasiten*, Bd 2, 1876, p. 18.

([3]) Golowin, *Observations sur les Nématodes*. II. *Appareil excréteur*, p. 16-17 (Kazan, 1902) [en russe].

([4]) Maupas, *Essais d'hybridation chez des Nématodes* (*Bull. biol. France et Belgique*, 52, 1918, p. 489).

larves du *Rhabditis pellio* Schn., mon attention a été également attirée par des contractions rythmées très nettes de la partie centrale de l'appareil excréteur. Il s'agit de larves du troisième stade selon Maupas, cueillies pendant qu'elles exécutent leurs mouvements de nutation (¹) et placées entre lame et lamelle dans une goutte d'eau physiologique à 5 pour 1000, Malgré ses faibles dimensions, l'appareil excréteur est ici relativement facile à observer, car les larves sont émaciées et transparentes, se tiennent bientôt immobiles et couchées presque exclusivement sur la face dorsale ou sur la face ventrale. Il existe (voir la figure) deux fins *canaux latéraux* assez difficiles à



Région du bulbe chez une larve du troisième stade de *Rhabditis pellio* Schn., vue par la face ventrale : B, bulbe ; I, ampoule antérieure de l'intestin ; P, sa paroi granuleuse ; VD et VG, vaisseaux latéraux droit et gauche ; *Cd* et *Cg*, collecteurs convergents ; A, anse contractile ; *Pe*, pore excréteur ($\times$ 1180). A droite, dessin d'après nature de l'appareil excréteur tel qu'il se présente lorsque la compression a fait éclater la larve. (Aspect latéral.)

distinguer, comprenant chacun une branche antérieure et une branche postérieure qui se rejoignent au niveau de l'ampoule antérieure de l'intestin. De ces points de jonction partent deux *collecteurs convergents*, l'un droit, l'autre gauche, qui se réunissent ventralement pour donner un collecteur unique en forme de crosse. Cette crosse est située d'une façon constante sur la gauche de l'animal. Dirigée d'abord dorsalement et en arrière, elle ne tarde pas à prendre brusquement une direction antérieure et ventrale

(¹) M. Aubertot, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1257, et *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 1158.

jusqu'au moment où elle devient normale à la ligne médio-ventrale sur laquelle elle débouche par un canal fortement chitinisé, au voisinage du bulbe.

C'est cette crosse ou, si l'on veut, cette *anse contractile*, que l'on peut voir fonctionner dès que la larve, par suite de la compression, commence à perdre sa vivacité. On observe des mouvements péristaltiques qui débutent dans la partie moyenne renflée de l'anse et qui accompagnent le liquide expulsé jusqu'au pore excréteur que l'on voit s'ouvrir et se refermer régulièrement. L'onde de contraction est d'abord lente; puis elle se précipite et se termine par une saccade brusque du tube chitinisé. Quand l'appareil est en pleine activité, on peut compter de 2 à 3 pulsations par seconde; cette fréquence s'abaisse par la suite : à la mort de la larve, la crosse se relâche totalement en diastole; ainsi se trouve précisé, par une image dilatée, le dispositif anatomique qui n'était guère perceptible jusqu'alors que par le jeu même de l'appareil.

En résumé, les larves du troisième stade du *Rh. pellio* offrent un cas indiscutable d'appareil excréteur contractile, ce qui confirme l'opinion de Bastian et peut fournir une explication du phénomène observé par Maupas; car, en supposant que les canaux latéraux soient totalement dépourvus de tissu contractile propre, il est clair qu'ils peuvent, grâce à l'élasticité de leurs parois, donner l'illusion de contractions et de dilatations successives, puisque la pression à l'intérieur de l'appareil tout entier varie avec les systoles et les diastoles de l'anse contractile.

HÉMATOLOGIE. — *Genèse des organes hématopoiétiques et des cellules du sang des Invertébrés.* Note de M. **L.-M. Bétancès**, présentée par M. Henneguy.

La genèse des organes hématopoiétiques des Invertébrés, ainsi que celle de leurs cellules sanguines, n'est pas suffisamment connue. On a dit que des formes identiques aux prétendus mégaloblastes et érythroblastes des Vertébrés n'ont pas été mises en évidence chez ces animaux et que la formation des érythrocytes, chez les espèces qui en possèdent, reste ignorée. Mes recherches sur des Invertébrés à un stade embryonnaire assez développé et sur des espèces jeunes et adultes (Échinodermes, Annélides, Arthropodes, Mollusques) m'ont permis de constater que, parmi les espèces qui possèdent un organe hématopoiétique bien délimité, la for-

mation de cet organe commence très tardivement et subit des modifications structurales après sa formation. M. Kollmann a trouvé, chez la jeune Seiche nouvellement éclose, des corps blancs partiellement fonctionnels, avec les centres germinatifs de Faussek, qu'il considère comme des syncytiums. Chez des jeunes Seiches de 7 à 8^{cm}, il n'y aurait que très peu de ces centres et en outre, d'après cet auteur, l'évolution de la glande lymphoïde de Céphalopodes serait extrêmement lente. Chez des Crustacés, il trouve que le syncytium existe aussi dans l'organe lymphoïde et qu'il peut être rapproché des centres germinatifs des ganglions lymphatiques des Mammifères. Il est certain que chez de jeunes Seiches l'organe leucopoiétique est déjà plus qu'ébauché, mais d'après mes observations, quant à sa structure, et à celle des organes hématopoiétiques de quelques Annélides, Arthropodes et Mollusques et à leur histogenèse, il me semble que celle de l'organe leucopoiétique des Céphalopodes doit s'accomplir de la même manière. Comme première phase de cette histogenèse je trouve généralement, dans du mésenchyme périvasculaire ou intermusculaire, la présence d'amas de cellules indifférenciées et libres, sans être entourés ni délimités par un véritable endothélium ou par une capsule conjonctive.

Ces formations semblent bien avoir l'apparence de syncytiums, notamment chez des embryons mûrs de Seiche, mais cette constitution n'est pas définitive. Chez des animaux plus développés, ces amas apparaissent dissociés par des travées cellulaires, de sorte que des éléments libres se trouvent dans les sinus dont les parois, formées par les cellules réticulaires, se continuent avec celles des autres sinus, mais sans qu'il existe encore un véritable tissu réticulo-lymphoïde régulier et à mailles remplies de cellules libres. Parfois au lieu de ces amas on voit des cordons cellulaires qui apparaissent séparés par des cellules réticulaires; cet aspect, comme le précédent, est celui qui a été décrit comme étant caractéristique de ces organes. Enfin, on trouve aussi, chez ces animaux adultes, uniquement un tissu réticulaire à mailles vides ou presque, sans qu'on puisse savoir le moment où s'est produite cette transformation. Les cellules indifférentes qui constituent ces amas sont des cellules du même tissu mésenchymateux, libérées et très probablement aussi des cellules libres qui existaient déjà en très petit nombre dans la circulation; ensuite, dans le même organe les cellules commencent à se différencier en cellules granulocytaires, lymphocytaires, etc.

La genèse de cellules sanguines chez les Invertébrés ne diffère pas de

celle des Vertébrés. Depuis longtemps on sait que la cellule-germe chez ces animaux est une cellule lymphoïde sans granulations. M. Prenant pense que les érythrocytes de *Drepanophorus* se forment aux dépens des leucocytes. Romieu chez *Polycirrus hematodes* signale des formes à caractères d'érythroblastes lymphoïdes. Depuis 1922, j'ai précisé que chez les Invertébrés il existe de formes cellulaires identiques aux mégaloblastes et érythroblastes basophiles, aux hémocytoblastes, lymphoblastes et myéloblastes des auteurs.

Ce fait m'a amené à établir, contrairement à l'opinion de la plupart des hématologistes, que ces formes ne présentent pas le caractère morphologique spécifique d'une cellule d'origine myéloïde ou lymphoïde, pas plus que celui d'une cellule proérythrocytaire, progranulocytaire ou prolymphocytaire. En effet, chez des animaux où il n'existe pas de cellules à hémoglobine, je trouve des formes identiques aux mégaloblastes et érythroblastes lymphoïdes des auteurs et, ce qui est encore plus intéressant, que chez des espèces possédant des érythrocytes — par exemple, Glycères — on trouve, à côté de ces cellules, des cellules génitales à des stades morphologiques identiques à ces mégaloblastes, érythroblastes et myéloblastes lymphoïdes et sans qu'on puisse affirmer qu'il existe une relation quelconque entre les unes et les autres. Néanmoins, chez ces mêmes animaux et chez d'autres, tels que *Holothuria*, *Capitella*, *Thalassema*, *Arca tetragona* P., on trouve de véritables proérythrocytes lymphoïdes, comparables à ceux des Vertébrés, quoique l'apparition de l'hémoglobine s'observe souvent dans des cellules de revêtement péritonéal ou, dans un sens général, du tissu connectif mésodermique.

En résumé, l'histogenèse et la structure des organes hématopoiétiques des Invertébrés rappelle clairement l'histogenèse et la structure du tissu hématopoiétique du foie, de la rate, des nodules lymphoïdes et de la moelle osseuse de l'embryon des Mammifères et de celles des organes lymphoïdes des Ichthyopsides (Drzewina). Chez les Invertébrés, ces organes restent donc avec une structure embryonnaire par rapport à ceux des Mammifères et sans avoir un système vasculaire développé. Comme on le sait, le tissu mésenchymateux chez les Invertébrés est, en général, comme chez les Vertébrés, le tissu hématopoiétique diffus; mais chez les premiers il est toujours actif. Sa cellule (hémohistoblaste), comme chez les Vertébrés, passe généralement, une fois libérée et différenciée en cellule hématique (hémocytoblaste), par des phases de repos, accroissement et prémitose, de prémitose sans accroissement ou au contraire, lesquelles sont représentées par

les formes appelées couramment par les hématologistes : lymphocyte primordial, promégaloblaste, mégaloblaste basophile, proérythroblaste et érythroblaste lymphoïde, hémogonie, hémoblaste, hémocytoblaste, myéloblaste, lymphoblaste, monoblaste, etc., etc., et qui, en réalité, ne sont que les phases d'une même cellule indifférente et polyvalente, avant de se différencier en cellule érythrocytaire, granulocytaire, lymphocytaire ou monocytaire.

CYTOLOGIE. — *Les mouvements des cellules sarcomateuses cultivées* in vitro. Note de M. **A. Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

Quand on cultive en plasma, suivant la technique habituelle, un fragment de sarcome, il sort de l'explantat des cellules mobiles ressemblant tout à fait à des histiocytes (ou macrophages). Comme Carrel, Lewis, A. Fisher etc. l'ont montré pour le sarcome de Rous du Poulet, ces éléments représentent bien les cellules sarcomateuses, celles-ci étant assimilables à des histiocytes, devenus anormaux sous l'influence d'un facteur sarcomateux encore inconnu.

Sur des cultures *in vitro* de cellules de sarcome expérimental de Mammifère (Rat, type Jensen), cultures de deux jours en plasma cancéreux, j'ai pu étudier quelques-unes des caractéristiques biologiques de ces éléments.

Les mouvements des cellules étaient suivis d'une façon continue par emploi d'un microscope entièrement contenu dans une grande étuve à 38°.

Les cellules sarcomateuses, observées vivantes à 38°, sont des éléments de dimensions très variables, entre 8 et 20$^{\mu}$ de diamètre moyen.

Elles montrent un noyau ovoïde, souvent déformé, avec un ou deux nucléoles, une masse centrale d'endoplasma sombre et granuleux, et un ectoplasma périphérique hyalin, transparent comme le verre.

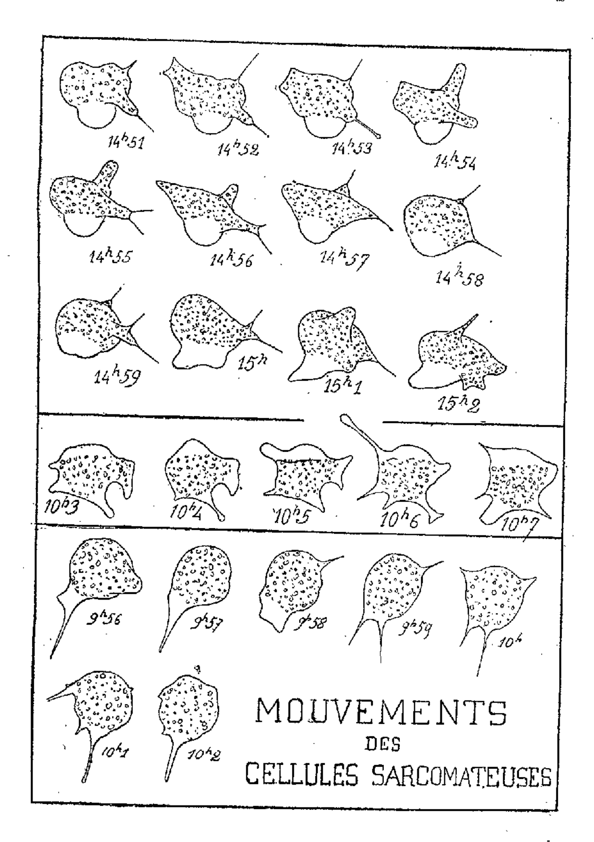
La forme de ces cellules est très irrégulière en raison de leurs nombreux pseudopodes. Ceux-ci sont de trois types :

a. Des pseudopodes en forme de soulèvements onduleux, peu élevés, de la surface cellulaire, à base large, sont constitués par l'endoplasma granuleux. Ces pseudopodes paraissent ne jamais adhérer aux supports.

b. D'autres pseudopodes sont formés exclusivement aux dépens de l'ectoplasma hyalin. Ce sont des expansions cellulaires en forme de larges lames ou de longs prolongements. Au contraire des premières, ils ont une capacité d'adhésion très grande, se fixent à la lamelle ou aux divers sup-

ports. Ils semblent jouer un rôle important dans les déplacements d'ensemble des cellules, précisément parce qu'ils adhèrent aux surfaces et permettent une sorte de halage du corps cellulaire tout entier sur le point d'adhésion.

c. Il existe enfin des pseudopodes infiniment plus grêles, sortes de jets protoplasmiques, de production extrêmement rapide, presque instantanée. Ils sont rectilignes, souvent fort longs, et possèdent quelquefois à leur



extrémité un dispositif en forme de bouton. Ces prolongements filiformes sont constitués par de l'ectoplasma hyalin, non granuleux, mais ils apparaissent souvent prolonger les soulèvements endoplasmiques du premier type. Ces prolongements épais et trapus sont continués ainsi par un prolongement filiforme souvent fort long et toujours rectiligne. Ces formations paraissent l'expression réelle sur le vivant de ces cils isolés fort singuliers que quelques auteurs ont décrit dans les préparations histologiques de cellules cancéreuses. Ce ne sont pas des cils vrais, mais des formations

essentiellement temporaires, qui donnent, sur les préparations fixes et colorées, l'illusion des cils.

Les mouvements des cellules sarcomateuses sont d'une extraordinaire activité, infiniment plus rapides que ceux des histiocytes normaux, ceux de la rate par exemple. Cette mobilité extrême a été signalée pour le sarcome de Rous par Carrel et A. Fisher. On voit que ce caractère se retrouve pour les sarcomes de Mammifère. La figure ci-dessus donne une idée de l'intensité de ce mouvement.

Il est certain qu'une des caractéristiques les plus nettes de ces cellules sarcomateuses réside dans leurs mouvements amiboïdes incessants et rapides. C'est une véritable trépidation.

Dans l'intérieur même des cellules, il semble exister un brassage incessant de l'endoplasma granuleux. Les déformations nucléaires, observables sur les préparations colorées, doivent vraisemblablement être expliquées par ces mouvements internes. Les ondulations de la surface de l'endoplasma (pseudopodes du premier type) semblent l'expression extérieure de ce brassage interne.

Il est à noter que la vitesse de déplacement de ces histiocytes sarcomateux n'est pas en rapport avec l'intensité extrême des mouvements amiboïdes. Les cellules sarcomateuses, toutes choses étant égales d'ailleurs, se déplacent moins vite que les hystiocytes normaux du même animal, bien que leurs mouvements pseudopodiques soient plus actifs. Ces mouvements se font surtout sur place, sans rendement efficace. Quand on cherche à expliquer ces faits contradictoires, on constate que la formation de pseudopodes d'ectoplasma hyalin n'est pas plus grande que dans les histiocytes normaux, au contraire des mouvements pseudopodiques de l'endoplasma qui sont incontestablement plus accentués. Or, ce sont les premiers seuls qui comptent pour les déplacements d'ensemble de la cellule ; ce sont les seuls en effet qui sont capables d'adhérer au support.

TOXICOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de la yohimbine et des alcaloïdes actifs de l'ergot sur l'innervation vaso-motrice sympathique du rein.* Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Ch. Richet.

Nous avons montré que la yohimbine pure de Gustrow inverse l'action de l'adrénaline sur la pression sanguine. Comme, chez l'animal à vagues

---

[1] Séance du 28 décembre 1925.

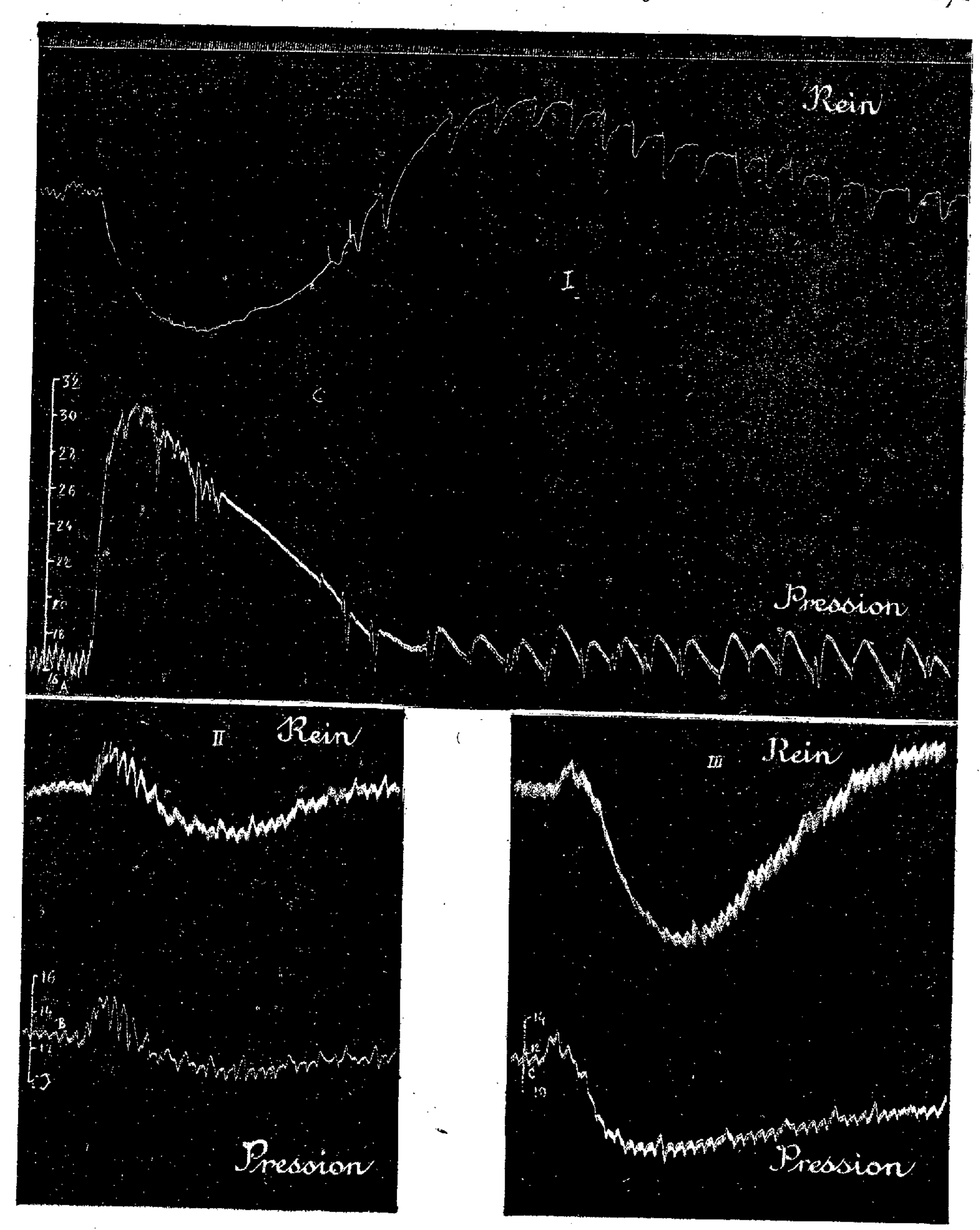


Fig. I, II et III. — Tracé plétysmographique rénal et courbe de la pression carotidienne enregistrée par le manomètre à mercure chez le chien chloralosané avec vagues coupés et respiration artificielle. Temps en secondes. En A injection de 1mg de chlorhydrate de cytisine dissous dans le sérum physiologique. — Fig. I. Chien de 9kg,200 n'ayant pas reçu de yohimbine. — Fig. II et III. Chien de 10kg ayant reçu par kilog d'abord 2mg (*fig.* II) puis de nouveau 2mg (*fig.* III) de chlorhydrate de yohimbine pur de Gustrow dissous dans le sérum physiologique.

sectionnés, des doses moyennes de yohimbine ne modifient pas l'action inotrope et chronotrope positive de l'adrénaline, nous avons dû admettre que l'hypotension produite par l'adrénaline chez l'animal yohimbiné résulte de l'inversion de l'action de cette phénylalkylamine sur l'innervation vaso-motrice.

Dale (¹) a d'ailleurs montré que, chez l'animal ayant reçu certains principes actifs de l'ergot — par lesquels l'action de l'adrénaline est aussi inversée — l'adrénaline détermine au niveau de l'intestin non plus la vaso-constriction habituelle mais une fort nette vaso-dilatation. Cependant l'adrénaline, inversée soit par les principes actifs de l'ergot, soit par la yohimbine, ne produit pas de vaso-dilatation au niveau du rein. Si l'on examine, en effet, un tracé plétysmographique rénal on constate qu'il est exactement calqué sur celui de la pression carotidienne, c'est-à-dire que le volume du rein diminue en même temps que baisse la pression artérielle. On ne peut voir là une persistance du pouvoir normalement vaso-constricteur de l'adrénaline car l'absence d'écrasement du pouls rénal et surtout le parallélisme du tracé plétysmographique rénal et de la courbe de pression carotidienne font supposer que dans ce cas le rein suit la pression artérielle. Cette supposition s'est d'ailleurs trouvée vérifiée. En effet lorsque, par l'emploi de doses minimes de yohimbine, on obtient non point l'inversion totale mais la diminution de l'hypertension adrénalinique, le tracé plétysmographique reste parallèle à la courbe de la pression carotidienne, c'est-à-dire que le volume du rein augmente proportionnellement à la hausse de la pression artérielle : ceci s'observe rarement avec la yohimbine et l'adrénaline mais très fréquemment avec les alcaloïdes actifs de l'ergot et l'adrénaline ou encore avec la yohimbine et la cytisine qui vis-à-vis de la yohimbine se comporte comme l'adrénaline.

Théoriquement, puisque la yohimbine paralyse le sympathique moteur (vaso-constricteurs) sans modifier l'excitabilité du sympathique inhibiteur (vaso-dilatateurs), on pourrait conclure de notre Note qu'il n'existe pas de vaso-dilatateurs sympathiques au niveau du rein, mais, comme l'existence de ceux-ci semble démontrée par les travaux de Bradford (²) et de Laignel Lavastine (³), il est préférable d'admettre que, sur ces vaso-dilatateurs, l'excitation adrénalinique ne peut produire l'effet de l'excitation électrique.

(¹) *Journal of Physiology*, 34, 1906, p. 174, et fig. 8.
(²) *Journal of Physiology*, 10, 1889, p. 283 et suiv.
(³) Laignel Lavastine, *Recherches sur le plexus solaire*, Paris, 1905, p. 114 et 386.

On connaît d'ailleurs déjà plusieurs cas de non-concordance entre l'action de l'adrénaline et l'excitation du sympathique.

Pratiquement on notera que, en dehors de la yohimbine, les alcaloïdes actifs de l'ergot (ergotamine, ergotoxine, ergotinine) sont seuls à provoquer, — d'ailleurs à des degrés très différents — la paralysie des vaso-constricteurs rénaux. Cette réaction, très sensible et très constante, nous paraît beaucoup plus adéquate à la titration physiologique des extraits d'ergot que les méthodes jusqu'ici proposées.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'action physiologique des rayons ultraviolets transmis par les verres légers d'usage courant.* Note de MM. **J. Risler** et **Foveau de Courmelles**, présentée par M. D. Berthelot.

I. On admet, en général, que les rayons ultraviolets émis par une source lumineuse à l'intérieur d'une enceinte de verre ne sont pas nocifs. Nous avons eu cependant l'occasion de constater récemment, quatre cas curieux d'accidents survenus dans notre laboratoire par suite de l'emploi de lampes *à verres légers*. Nous nous bornons à relater ici les circonstances dans lesquelles ces accidents se sont produits et les caractéristiques des lampes qui les ont occasionnés.

Les trois premières observations nous ont été fournies par l'action prolongée d'une source lumineuse constituée par un tube luminescent d'un pouvoir éclairant d'environ 350 bougies. Ce tube muni de trois électrodes et d'une soupape maintenant la pression constante(¹) est *en verre léger au borosilicate d'alumine* d'une épaisseur de $1^{mm},2$. Le mélange gazeux luminescent est obtenu par bombardement électronique de dioxanthracène $C^6H^4 \langle {}^{CO}_{CO} \rangle C^6H^4$ introduit dans la soupape. *La lampe ainsi constituée ne laisse filtrer* que les *radiations supérieures à* $\lambda = 2960$ Å avec deux raies remarquables $\lambda = 3050$ Å et $\lambda = 3075$ Å.

II. *Observations.* — 1° Durant ses travaux de spectroscopie, un de nos collaborateurs (Dr Daponte) est atteint progressivement d'une conjonctivite double aiguë, avec céphalée violente; 2° un souffleur de verre travaillant à une distance de 2^m de la lampe en fonctionnement est atteint au bras droit (bras exposé au rayonnement et à nu pendant le travail) d'un érythème actinique intense; 3° un observateur bénévole se tenant habituellement à proximité du souffleur de verre est touché au niveau de l'apo-

(¹) *Revue générale de l'Électricité*, 18, 1925, p. 788.

physe mastoïde droite. L'érythème revêt les mêmes caractères cliniques que le précédent.

La durée globale d'exposition à la lampe a été d'environ 24 heures à raison de 3 heures par jour. La forme aiguë des lésions est atteinte après l'irradiation totale, *par addition des doses absorbées à chaque durée d'exposition.*

Dans la quatrième observation, l'apparition de la lésion est beaucoup plus rapide. Elle a été causée par une lampe vidée sur la vapeur de mercure; les conditions d'expérience sont restées les mêmes en *ce qui concerne la nature du verre, son épaisseur et le taux de transmission pour l'ultraviolet.*

Les premiers symptômes de conjonctivite (sensation de rugosité) apparaissent déjà chez l'observateur, lors de la formation de la lampe sur la pompe à vide. La durée totale d'exposition a été de 2 heures.

Ces différentes observations nous ont amené à rechercher et vérifier la région moyenne où s'exerce l'action physiologique (érythémateuse) de l'ultraviolet. A cet effet, nous avons construit, pour un essai comparatif, une lampe au dioxanthracène, *à verre moins transparent (verre allemand, épaisseur* 1^{mm}, *transmission dans l'ultraviolet jusqu'à* 3120 Å).

La lumière de la lampe ainsi réalisée n'a provoqué *aucun érythème ni accident quelconque* chez nos collaborateurs qui se sont cependant soumis à *une exposition prolongée* de 350 heures à raison de 8 heures par jour.

Dans les quatre cas que nous avons relatés, l'action érythémateuse de l'ultraviolet sur les tissus humains s'est donc exercée par l'absorption des *rayons compris dans la région située entre* $\lambda = 2960$ Å *et* $\lambda = 3120$ Å (*longueurs d'onde limites de transmission des deux verres utilisés au cours des observations*).

Si l'on tient compte de l'intensité de certaines des raies comprises dans cette région et de leur taux de transmission proportionnel, on peut admettre un *maximum d'action spécifique* probable de $\lambda = 2960$ Å à $\lambda = 3050$ Å pour la vapeur de Hg et $\lambda = 3050$ Å pour le dioxanthracène.

En ce qui concerne les longueurs d'onde dites « d'érythème », ces quatre observations vérifient, sans grands écarts, les chiffres donnés par Moycho pour l'érythème du Lapin (2900 A à 3100 A), Moycho et V. Henri (2800 Å), Hausser et Wahle 2975 Å plus récemment.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **Daniel Berthelot.**

Les intéressantes observations de MM. Risler et Foveau de Courmelles viennent confirmer et compléter des faits anciennement connus.

Foucault observa le premier en 1843 les érythèmes produits par l'arc électrique entre charbons qu'il employait dans son microscope photo-électrique; il les attribua aux rayons ultraviolets et préconisa pour s'en préserver l'emploi de verres fluorescents tels que les verres d'urane.

Quant à la longueur d'onde à laquelle le phénomène commence à se produire pour l'homme, elle résulte du fait que la lumière solaire dans la plaine est généralement inoffensive, tandis que l'érythème se produit fréquemment chez les alpinistes. Or, Cornu a trouvé que le spectre solaire qui se terminait dans une vallée des Alpes à 2970 Å se prolongeait à 2400^{m} de haut jusqu'à 2940 Å. Les observateurs postérieurs ont trouvé des chiffres analogues.

Les effets nocifs ne se produisent pas dans l'ultraviolet solaire auquel les organismes vivants sont adaptés depuis de longs siècles, mais ils se manifestent brusquement dès qu'on dépasse cette limite.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Formation, par chauffage de sucs végétaux, de l'urée et d'un corps, donnant la même réaction colorée hydrazinique que le formol.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. Émile Roux.

Des extraits alcooliques de feuilles vertes, concentrés à la chaleur du bain-marie, ayant provoqué dans le milieu de Schryver la coloration que développe ce réactif avec le formol [1], on a cru avoir démontré enfin, avec la présence, si souvent cherchée et discutée, de l'aldéhyde formique dans les plantes, l'exactitude de la célèbre hypothèse de Baeyer sur l'assimilation chlorophyllienne du carbone.

L'existence du formol dans les feuilles ne saurait être ainsi établie : la réaction de Schryver, non spécifique de cet aldéhyde, appartient aussi à l'acide glyoxylique et à d'autres corps [R. Fosse et A. Hieulle [2]].

---

(1) Gabriel Bertrand et P. Thomas, *Manipulations de chimie biologique*, 2e édit., 1913, p. 441.

(2) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 637.

Afin d'éviter d'introduire des causes possibles d'erreur dans l'étude des composants chimiques de la feuille, nous avons institué des expériences sur des sucs d'expression, simplement centrifugés, n'ayant subi ni l'action de réactifs ou de dissolvants quelconques, ni celle de la chaleur.

Dans les limites de nos expériences, les résultats suivants ont été acquis :

1. *Une substance, produisant la même réaction colorée hydrazinique que le formol, apparaît par court chauffage du suc foliaire de plusieurs végétaux.*

Le produit d'expression de jeunes feuilles d'Acer et de légumes verts de Phaseolus, centrifugés et traités par le mélange phénylhydrazine-ferricyanure-acide chlorhydrique, n'accusent qu'une coloration faible ou nulle. Celle-ci se déclare, au contraire, avec intensité, si le suc a été préalablement porté 5 minutes dans un bain d'eau bouillante.

Le même phénomène se manifeste, mais avec plus de lenteur, par abandon du suc de feuilles d'Érable à la température ordinaire.

2. *Le contenu cellulaire des mêmes feuilles donne simultanément naissance à l'urée pendant le chauffage.*

Acer. — Le suc de jeunes feuilles fraîches, placé 10 minutes au bain-marie, produit avec intensité la réaction de Schryver et précipite abondamment (après défécation plombique) le xanthydrol acétique (milieu de dosage de l'urée dans le sang). Le suc, non chauffé, ne produit que très faiblement la réaction colorée et ne trouble que peu le xanthydrol.

Après 20 à 25 minutes vers 100°, on trouve près de 1g d'urée par litre dans le suc de jeunes feuilles, cueillies au printemps avant la floraison. L'urée a été dosée pondéralement dans le suc, déféqué (après chauffage) à l'aide d'acétate basique de plomb, privé de plomb par l'hydrogène sulfuré et de H^2S par courant d'air. Le suc témoin, non chauffé, déféqué, ne contenait qu'une trace d'urée.

Légume vert de Phaseolus. — On abandonne à la température ordinaire les deux milieux :

Expérience (suc d'expression, chauffé 3 heures à 70°) :

	cm³
Déféqué, déplombé, désulfuré	40
Acide acétique	80
Xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$	6

Témoin (suc non chauffé, déféqué, déplombé) :

Désulfuré	40
Acide acétique	80
Xanthydrol méthylique	6

Poids des précipités.

Expérience	0g,0755
Témoin	0g,0156

Analyses.

	Trouvé N pour 100.
Témoin brut, non recristallisé	6,44
Expérience, produit recristallisé	6,59
Théorie pour $CO[NH-CH(C^6H^4)^2O]^2$	6,66

3. *La formation simultanée, par chauffage de sucs végétaux, de l'urée et d'un corps, donnant la même réaction colorée hydrazinique que le formol, résulte de l'hydrolyse d'un uréide.*

Son mécanisme diffère de celui qui préside à la formation de l'urée :

A. *Par hydrolyse de l'arginine des protéiques :* Autolyse du foie (1); culture de nombreux champignons sur milieu riche en protéique (2); action directe des alcalis sur les protéiques (3).

B. *Aux dépens de la cyanamide* par l'action des microbes du sol (4).

C. *Par isomérisation, comme dans la synthèse de Wöhler, du cyanate d'ammonium, formé par oxydation : soit des principes carbonés naturels* et des corps, qui en dérivent ou qui les produisent : protéiques; acides aminés; protéiques du sang, additionnés de glucose; hydrates de carbone, glycérine et formaldéhyde en milieu ammoniacal (5); *soit d'une foule de dérivés du carbone, appartenant aux fonctions :* alcool, phénol, aldéhyde, acétone, acide, amine, amide, nitrile et carbylamine (6).

---

(1) Ch. Richet, *Dictionnaire de Physiologie, article Foie*, **1**, 1894, p. 686 et suiv. — R. Fosse et Mlle N. Rouchelman. *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 771.

(2) N. Iwanoff, *Biochemische Zeitschrift*, **162**, 1925, p. 425-440.

(3) R. Fosse, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1819.

(4) Mazé, Vila et Lemoigne, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 921.

(5) R. Fosse, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 320, 908, 1164; **169**, 1919, p. 91; **171**, 1920, p. 7221 et 635; *Annales Institut Pasteur*, **34**, 1920, p. 715-762; *Bull. Soc. Chim.*, **29**, 1920, p. 158-203; *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 160.

(6) R. Fosse et G. Laude, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 684, 1240; **173**, 1921, p. 318.

PROTISTOLOGIE. — *Formes anormales de* Plasmodium vivax. Note (¹) de MM. **G. Delamare** et **Saïd Djémil**, présentée par M. H. Vincent.

Chez une femme enceinte atteinte de tierce bénigne, nous avons rencontré, pendant l'apyrexie, un nombre assez élevé de plasmodies anormales. Les anomalies concernent les noyaux et les protoplasmes.

Les *anomalies nucléaires* portent sur le nombre, la forme, le volume, la structure et la situation. Le nombre des noyaux varie de 0 à 5. Le seul élément dépourvu de noyau est sans pigment et l'on décèle dans son voisinage immédiat un résidu nucléaire punctiforme. Contrairement aux schizontes anucléés observés par Hornus dans la plasmodiase à *præcox*, il conserve sa vacuole nutritive. Les éléments binucléés sont fréquents; les éléments à 3 amas chromatiniens n'ont rien d'anormal; les éléments à 4 ou 5 noyaux sont rares. La forme du noyau est tantôt celle d'une sphérule, d'une navette, d'une poire, d'une étoile, d'un clou, tantôt celle d'un bâtonnet rectiligne, ondulé, incurvé en V, en U ou ramifié. L'étirement de la chromatine, sur lequel Sergent, Béguet et Plantier, Léger ont insisté dans la plasmodiase maligne est fréquent dans notre tierce bénigne. Les amas chromatiniens des schizontes binucléés sont homéomorphes ou hétéromorphes. Dans la première éventualité, l'idée de division directe prématurée apparaît d'autant plus vraisemblable qu'une fragmentation dégénérative ou non est évidemment responsable de la présence, dans d'autres plasmodes, de 3 ou 4 boules de chromatine disposées en série linéaire, en triangle ou en carré. Dans la seconde éventualité, il est, par contre, malaisé de ne pas penser aux aspects plus ou moins similaires présentés notamment par *Schizotrypanum Cruzi*, Chagas, au début de son développement et, conséquemment de ne pas s'arrêter à l'interprétation de Hartmann, lequel voit dans les faits de cet ordre la preuve d'un retour temporaire à la binucléation originelle, c'est-à-dire à l'existence, en dehors du noyau nutritif, d'un noyau moteur. Parfois normal, le volume apparaît souvent ou réduit ou excessif. Tous les noyaux ne sont pas homogènes : il en est de granuleux et de vacuolaires. Dans un cas, l'une des branches du V est constituée par des microgranules. Parmi les noyaux vacuolisés, les uns correspondent à la forme annulaire souvent signalée chez *Pl. præcox*

(¹) Séance du 4 janvier 1926.

(Ziemann, Hornus, etc.), les autres sont stellaires, piriformes ou sacciformes. Presque toujours excentriques, les noyaux sont endo- ou exoplasmiques. Parmi les noyaux endoplasmiques, il en est qui siègent à l'extrémité d'un pseudopode épais et court, ou grêle et long. On voit parfois un noyau piriforme et clair inséré sur une tige protoplasmique à la manière d'un fruit ou d'une fleur. Parmi les noyaux exoplasmiques, il en est dont la situation anormale résulte de la rupture ou de l'extrême ténuité du pseudopode qui les reliait au plasmode; chez d'autres le même aspect résulte de la disparition (réelle ou apparente) du pont protoplasmique qui, normalement, sépare la zone périnucléaire du milieu ambiant.

Les *anomalies protoplasmiques* intéressent la structure et la forme des parasites. En fait de modifications structurales dignes de remarque, il y a lieu de mentionner : la disparition de la vacuole nutritive et de la zone achromatique périnucléaire; la communication de celle-ci avec l'extérieur; la multiplicité des vacuoles; l'hypertrophie de l'une d'entre elles. En fait de modifications portant sur la forme, on doit signaler l'existence : *a.* de petits « anneaux » trapus, parfois anguleux, parfois incomplets et non dépourvus d'analogies avec certains schizontes du type *caucasicum* de Marzinowski; *b.* de schizontes piriformes rappelant les éléments décelés par Ziemann dans une grosse rate non leishmanique, par Vialatte dans le sang circulant, au cours de la malaria pernicieuse; *c.* des formes en filet à papillons de Marchoux et Hornus; des bandelettes dont Stephens et Sennevet ont signalé la présence, le premier, dans la plasmodiase *tenue*, le second dans la plasmodiase *præcox*; *d.* des plasmodes du type *tenue*. L'hypertrophie des globules rouges qui contiennent les hématozoaires aranéens mérite d'être soulignée. Quant à la genèse de ces formes, elle s'explique aisément à l'aide des remarques de Cattanei sur l'hyperamiboïsme momentané, générateur d'étirement nucléoplasmatique, pour peu que l'on prenne en considération l'existence, dans le présent cas, de schizontes étirés ou effilochés. Les parasites jumeaux sont franchement asymétriques. Le noyau rectiligne de certains hématozoaires uniques est pourvu d'une zone claire périnucléaire; leur noyau arrondi en est dépourvu; l'éventualité inverse se rencontrant sur d'autres plasmodies, on ne saurait apercevoir dans ces dispositions un élément de différenciation entre noyaux nutritifs et moteurs.

L'existence de *Pl. vivax* est, dans le cas qui vient de nous occuper, hors de contestation tant à cause de l'hypertrophie très générale des globules rouges, de la présence des grains de Schuffner et des caractères des anneaux

typiques que de l'allure des manifestations cliniques qui sont bien évidemment celles de la tierce bénigne. L'association avec *Pl. præcox* doit être éliminée étant donnée l'absence de micro-anneaux et de croissants. L'association avec *Pl. malariæ*, déjà improbable du fait de la très nette périodicité tierce des accès, doit également être exclue, car les hématies qui contiennent les bandelettes sont hypertrophiées et renferment parfois des grains de Schuffner. Cela étant, il est permis de conclure que *Pl. vivax* peut, dans certaines conditions, présenter la plupart des anomalies généralement considérées comme caractéristiques de *Pl. præcox*.

PARASITOLOGIE. — *Sur une nouvelle maladie du noyau ou grasserie des chenilles de* Pieris brassicæ *et un nouveau groupe de micro-organismes parasites*. Note (¹) de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Nous avons fait connaître en 1924 (²) une nouvelle maladie des chenilles de *Pieris brassicæ* caractérisée, au point de vue cytologique, par la destruction du noyau de certaines cellules et la transformation du chondriome en corps réfringents, sans structure définie et de forme très irrégulière; nous avons montré que cette maladie avait pour cause un micro-organisme visible seulement à l'ultramicroscope et semblable à celui de la grasserie du Ver à soie.

Nous avons découvert récemment une nouvelle maladie des chenilles de Piéride qui se rattache aux maladies du noyau par ses caractères étiologiques, et par les lésions histo- et cytopathologiques dont elle est la cause. Les chenilles malades se reconnaissent extérieurement à la couleur jaune blanchâtre de la partie ventrale du corps; au moment de la mort, la peau se déchire très facilement et laisse écouler un liquide laiteux d'aspect semblable à celui des Vers à soie atteints de grasserie. Le sang des chenilles en état d'infection peu avancée est trouble et d'une fluorescence très nette; si on l'examine à l'ultramicroscope, on observe de nombreux granules très brillants animés de mouvement brownien. Ces granules sont visibles aux plus forts grossissements du microscope; mais, après coloration à chaud à la fuchsine phéniquée de Ziehl, on les distingue très nettement, même à un grossissement de 1000 diamètres; ils apparaissent comme de très petits

(¹) Séance du 4 janvier 1926.
(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1353.

cocci mesurant $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$ de diamètre; ils se multiplient comme les Microcoques ordinaires et présentent certaines analogies morphologiques avec le virus de la péripneumonie des Bovidés qui était considéré, jusqu'ici, comme le seul des virus filtrables qui soient réellement accessibles à l'investigation microscopique.

Le virus des Piérides ne paraît pas se multiplier dans le sang, mais seulement dans le cytoplasme des cellules adipeuses et hypodermiques où il est facile de l'observer à l'ultramicroscope.

L'étude des lésions histo- et cytopathologiques sur pièces fixées au mélange de Duboscq-Brasil, ou, d'après les méthodes mitochondriales, permet de différencier très facilement la maladie infectieuse des chenilles des autres maladies du même type. Après fixation au mélange de Duboscq-Brasil et coloration à l'hématéine éosine ou à l'hématoxyline au fer de Heidenhain, les cellules adipeuses et hypodermiques présentent les caractères suivants : le noyau est très hypertrophié; la chromatine prend un aspect laqué; les nucléoles se fragmentent en grains de forme et de grosseur très irrégulières et sont rejetés le plus souvent à la périphérie du noyau; au terme du processus de désorganisation, le noyau apparaît comme une tache sans structure apparente, à peine coloré en gris pâle par l'hématoxyline ferrique.

Après fixation au mélange de Regaud ou au formol salé, postchromisation et coloration suivant la méthode de Kull, on observe des modifications analogues du noyau; le chondriome, peu modifié, envahit toute l'aire nucléaire.

La grasserie des Piérides est très contagieuse; la transmission d'individu à individu a lieu par la voie digestive. Elle ne paraît pas jouer un rôle important dans la destruction naturelle des Piérides.

Les caractères pathogéniques de la grasserie des Piérides permettent de ranger cette affection dans la catégorie des maladies du noyau dont on connaît deux autres types différents : les maladies à polyèdres des Bombycides et la maladie du noyau de *Pieris brassicæ*. La mise en évidence du parasite par les moyens ordinaires constitue un argument nouveau en faveur de la thèse que nous soutenons sur l'identification des granules ultramicroscopiques observés dans la grasserie du Ver à soie et la maladie du noyau des Piérides, avec les éléments parasitaires de ces affections. Ces différents micro-organismes sont caractérisés par leurs dimensions très réduites, par leur grande spécificité parasitaire qui s'exerce, non seulement

à l'égard de l'hôte, mais encore des cellules de celui-ci. Ce sont tous des parasites endocellulaires; ils se rapprochent ainsi des Sporozoaires, mais l'existence de stades d'évolution différents n'est pas démontrée. On peut, comme les Bactéries, les inoculer dans la cavité générale et provoquer ainsi le déclanchement des processus morbides caractéristiques de la maladie; mais ils s'en différencient par leur mode de vie. Nous croyons pouvoir les ranger dans un groupe intermédiaire entre les Bactéries et les Protozoaires et nous proposons de donner au genre le nom de *Borrellina*. Le parasite de la grasserie du Ver à soie sera nommé *B. bombycis*; celui de la grasserie des Piérides. *B. brassicæ* et celui de l'autre maladie du noyau du même Insecte, *B. pieris*. Prowazek a cru devoir faire rentrer les parasites endonucléaires observés chez les Vers à soie atteints de grasserie, dans le groupe des Protozoaires aberrants auquel il a donné le nom de Chlamydozoa; mais nos observations à l'ultramicroscope infirment certaines des observations les plus importantes de Prowazek. Le parasite de la grasserie des Piérides, non plus que celui de l'autre maladie du noyau, ne sauraient trouver place dans le groupe des Chlamydozoaires.

Les caractères spécifiques des *Borrellina* seront les suivants : *B. bombycis* : éléments de moins de $0^{\mu},1$ de diamètre, intranucléaires, provoquant la transformation de la chromatine en corpuscules polyédriques de forme généralement hexagonale.

B. pieris : éléments de moins de $0^{\mu},1$ de diamètre, intracytoplasmiques, provoquant la formation, aux dépens du chondriome, de corps hyalins de forme et de dimensions irrégulières.

B. brassicæ : éléments cocciformes de $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$ de diamètre, intracytoplasmiques, déterminant l'hypertrophie du noyau et sa destruction sans provoquer de modifications caractéristiques du noyau.

IMMUNOLOGIE. — *Immunité naturelle de l'Anguille vis-à-vis du virus rabique et action rabicide de son sérum.* Note de M^me **Phisalix**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'immunité naturelle des Poissons vis-à-vis du virus rabique est admise, *a priori*, par la plupart de ceux que préoccupe la rage, sans que toutefois elle ait été souvent recherchée. Seul, à notre connaissance, P. Remlinger, en 1905, l'a vérifiée sur le Cyprin doré et une autre petite espèce indéterminée, pêchée à Constantinople, dans les eaux saumâtres de la Corne d'Or.

Les poissons de la famille des Murénides, à laquelle appartient l'Anguille, présentent, au point de vue qui nous occupe, un intérêt tout particulier : leur sang est venimeux ; comme l'a signalé A. Mosso en 1888, il contient une *Ichthyotoxine* très active, dont l'action physiologique est voisine de celle du venin de la Vipère aspic. Mais ce même sang d'Anguille est également antivenimeux lorsqu'il a été privé de sa toxicité par le chauffage, et peut alors être utilisé comme vaccin contre le venin de Vipère (C. Phisalix 1896).

Anguille et Vipère se comportent de même vis-à-vis du venin de Vipère et doivent leur immunité contre ce venin à la même cause : les propriétés antivenimeuses de leur sang.

Mais nous avons nous-même constaté que les Vipères et les Couleuvres tropidonotes sont aussi réfractaires à l'action du virus rabique, introduit par toutes les voies, notamment par les voies intra-oculaire et intracérébrale. En serait-il ainsi pour l'Anguille ?

Immunité naturelle. Expérience. — Huit anguilles d'une première série, du poids de 300 à 450^{g}, reçoivent dans les muscles de la nuque des doses de 0$^{cm^3}$,25 à 1$^{cm^3}$,5 d'une émulsion épaisse du virus fixe de l'Institut Pasteur de Paris. Un même nombre de témoins reçoivent en même temps les mêmes doses d'une émulsion épaisse d'encéphale de lapin normal.

Les anguilles de la première série se sont comportées exactement comme les témoins. Au bout de trois mois, les encéphales de trois d'entre elles sont alors prélevés et émulsionnés dans les mêmes conditions que le virus fixe, et l'émulsion décimale ainsi obtenue inoculée dans l'encéphale de deux lapins. Ceux-ci n'ont pas contracté la rage. Cet essai, à résultat négatif, n'a toutefois qu'une valeur relative, car on sait que les centres nerveux d'animaux ayant présenté des symptômes rabiques ne sont pas toujours aptes à communiquer la rage, quand leurs émulsions sont inoculées dans le cerveau du lapin ; nous avons nous-même constaté le fait avec des hérissons rabiques. Mais, comme les autres anguilles de la même série ont définitivement résisté, nous pouvons néanmoins en conclure que *l'anguille est réfractaire au virus rabique.*

Pouvoir rabicide du sérum d'anguille. — L'immunité de l'anguille tient-elle, comme celle de la vipère, aux propriétés de son sérum ? Nous avons vu que, mélangé à l'état frais avec son volume d'une émulsion centésimale de virus rabique, le sérum neutralise, en l'espace de 24 heures, le virus à la température de la glacière.

Avant l'essai, le mélange est centrifugé, le liquide surnageant décanté et le culot lavé une fois à l'eau salée physiologique. Après une nouvelle centrifugation, le volume du liquide surnageant est ramené au dixième de celui de l'émulsion centésimale employée; on a ainsi une émulsion décimale.

Cette émulsion est inoculée à la dose de 5 gouttes dans l'encéphale de deux lapins pesant respectivement 1860 et 1960g; ceux-ci ne contractent pas la rage. Ils n'avaient d'ailleurs pas l'immunité naturelle, qu'on observe parfois, quoique rarement, vis-à-vis du virus rabique, car inoculés dans l'encéphale, 17 jours après, avec une émulsion décimale de virus fixe, ils ont manifesté les premiers symptômes rabiques au neuvième jour et la mort est survenue au treizième jour.

Le sérum d'anguille est donc rabicide in vitro, *comme le sérum de vipère.*

L'action rabicide du sérum s'exerce également *in vivo*, et protège l'anguille, comme la vipère, contre le développement du virus fixe introduit dans ses muscles; elle apparaît comme le facteur essentiel de l'immunité de ces espèces, car leur tissu nerveux ne possède à lui seul aucune action sur le virus rabique; les émulsions centésimales de ce tissu, et du virus fixe se comportent comme les émulsions de virus rabique seul : inoculées dans l'encéphale du lapin, elles tuent l'animal dans les délais normaux.

Le sérum d'anguille semble moins toxique pour l'encéphale du lapin que les sérums de vipère, de couleuvre et de hérisson, car on peut le faire agir à l'état frais et non dilué sur l'émulsion de virus rabique, sans que la faible dose fixée sur le virus détermine les phénomènes toxiques et rapidement mortels que nous avons observés après la neutralisation du virus par le sérum frais de ces animaux.

L'ensemble de ces faits nous montre que l'anguille se comporte comme la vipère vis-à-vis du virus rabique :

1° Elle est naturellement réfractaire à la rage provoquée par l'inoculation du virus fixe;

2° Son sérum est antirabique *in vitro*;

3° Il est aussi antirabique dans l'organisme même de l'anguille, qu'il protège contre l'inoculation expérimentale du virus rabique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la nitrification dans les mers.* Note (¹) de M. B. **Issatchenko**, présentée par M. S. Winogradsky.

Les processus microbiens qui ont lieu dans les mers sont encore peu connus. On a étudié avec quelque détail les microbes dont la fonction est d'oxyder l'hydrogène sulfuré et le soufre, soit les *sulfobactéries* de M. Winogradsky, qui sont largement répandues, notamment dans le bassin de la Mer Noire. On n'a pas réussi à obtenir dans les eaux de mer des microbes dénitrificateurs et des microbes réducteurs de sulfates. On a signalé enfin une sorte d'association des fixateurs d'azote, *Azotobacter* et *Clostridium*, avec les algues marines. Mais à cela se bornent nos connaissances. Elles sont surtout imparfaites par rapport aux organismes de la nitrification.

M. Brandt, M. Thomsen les ont trouvées dans la baie de Kiel et près des côtes de Helgoland. M. Nathanson n'a pu les découvrir dans le golfe de Naples, ainsi que M. Gran dans les eaux côtières de Norvège. Moi-même, j'ai réussi à les trouver dans des échantillons de vase puisés dans le havre de Catherine (côte de Mourman) et près de Yougorski Schar (Océan Glacial Arctique). Dans un travail résumant mes recherches (²), j'ai admis la présence des microbes nitrificateurs même au large, mais seulement dans la vase et peut-être encore dans les eaux de fond, mais non dans les eaux de surface. C'est donc à tort que M. Lipman (³) m'a fait dire que le phénomène de nitrification se produit régulièrement dans le milieu marin. Je me suis borné à indiquer la présence de ces microbes spécialement dans les eaux de fond, sans approfondir la question de savoir si le processus de nitrification est possible à la basse température de l'Océan Glacial.

Ayant pris part depuis 1922 aux travaux de l'expédition scientifique pour l'exploration de la mer d'Azov, j'ai profité de l'occasion pour reprendre la question. Mon but principal a été de comparer, sous le rapport qui nous intéresse, cette mer, si riche en vie organique, avec la mer Noire qui en est pauvre.

L'étude de nombreux échantillons d'eau pris au large, et cela dans les

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

(²) *Recherches sur les microbes de l'Océan Glacial Arctique.* Petrograd, 1914.

(³) Lipman, *Does nitrification occur in sea water?* (*Science*, **56**, 1922, p. 501).

deux bassins, a donné un résultat uniformément négatif : les microbes nitrificateurs faisaient partout défaut. Il est plus que probable qu'il n'est possible de les trouver à la surface que dans les eaux côtières tenant en suspension des particules emportées de la terre ferme.

Différents ont été les résultats de l'étude des échantillons de la vase du fond.

Dans la mer d'Azov, onze échantillons ont été étudiés en 1923 : trois pris dans l'estuaire du Don, huit sur différents points de la partie sud et ouest du bassin. Tous, à l'exception d'un seul, ont donné lieu à une nitrification normale dans la solution minérale ordinaire additionnée de 2 pour 100 de sel marin. En 1925, on a de nouveau recueilli dix échantillons sur différents points, autant près des côtes que vers la partie centrale du bassin. Partout le résultat a été positif. Le bassin, peu profond, est donc bien peuplé par ces microbes spécifiques.

Celui de la Mer Noire en est plutôt très pauvre. On ne les a trouvés que deux fois près des côtes (baie de Yalta et celle d'Anapa), et une seule fois plus au large à la hauteur de Kertsch, mais également dans la vase. Le fait n'est pas difficile à expliquer, les eaux côtières de cette mer atteignant rapidement $150\text{-}200^{m}$, profondeur à laquelle la fermentation sulfhydrique y est continuellement en train. La propagation des nitrificateurs dans un milieu anaérobie étant hors de question, il est problable qu'ils ne peuvent se maintenir que dans une bande étroite longeant les côtes de ce bassin profond.

Il est encore à remarquer que le caractère du fond n'est pas sans influence sur la densité de leur population. Ainsi il est plus facile de les trouver dans un fond sableux ou riche en coquillages que dans un fond argileux. Dans le limon noir, ils sont toujours introuvables.

MÉDECINE. — *Épithéliomas de Röntgen ulcérés guéris par la haute fréquence (diathermo-coagulation.)* Note [1] de M. X. **Debedat**, présentée par M. d'Arsonval.

Cette auto-observation, que j'accompagne de réflexions personnelles, est écrite surtout dans l'intérêt des blessés des rayons X, dans le but de leur apporter un réconfort moral et une direction pratique.

---

(1) Séance du 4 janvier 1926.

Il est plus juste, en effet, de classer parmi les supplices que parmi les psychopathies les états d'âme du radiologiste qui, des années durant, suit sur ses propres téguments l'évolution de lésions lentes mais constamment actives, et dont la terminaison cruelle s'est vue déjà trop souvent. Nos confrères médecins ou chirurgiens, consultés pour ces lésions, montrent encore une indécision manifeste ou prennent des décisions manifestement désespérées.

Le remède à nos maux existe pourtant, même dans des cas très graves, et il se montre infaillible jusqu'ici : le devoir incombe à tout heureux bénéficiaire du succès obtenu de le faire savoir au monde médical où persiste encore l'incertitude. C'est la *diathermo-coagulation* (1) qui doit être appliquée sans perdre de temps, et avant tout signe de généralisation.

Je susciterai tout d'abord une objection relative à l'opportunité de la biopsie des cancers de Röntgen : je la déconseille énergiquement; le bistouri de l'anatomo-pathologiste est-il bien certain, en effet, de ne pas détruire la barrière providentielle qui a protégé jusque-là l'organisme, et de ne pas entraîner en quelques secondes l'élément malin dans la circulation? Quel serait d'ailleurs l'avantage d'un diagnostic cytologique précis? Le traitement n'en variera pas d'un iota. Personnellement, j'ai cru devoir refuser la biopsie avant d'aller à Lyon, où l'on ne m'en a point fait une obligation. Mon observation perdrait-elle ainsi tout son intérêt?

Les lésions que je portais remontaient à près de 25 ans; elles nécessitaient des pansements variés depuis bientôt un an, elles s'induraient, bourgeonnaient, produisaient un écoulement ichoreux, et cette fétidité si caractéristique du cancer ulcéré. A Paris et à Montpellier, ces lésions m'avaient valu le pressant conseil, de la part de consultants des plus qualifiés, d'une amputation du médius droit et de l'index gauche.

Je portais au médius droit sur la face postéro-externe de la phalange, une tumeur villeuse, ovalaire, faisant saillie de 4 à 5^{mm} au-dessus de la surface cutanée : ses dimensions correspondaient à la moitié de celles de la phalange; son aspect était muriforme et fissuraire. A l'index gauche siégeait une ulcération allongée sur la face interne de la phalange.

Dès le début, les phénomènes inflammatoires dont ces lésions sont le siège se sont accompagnées de douleurs névritiques de plus en plus pénibles dans les deux plexus brachiaux. Pas de lymphangite. Pas d'adénite. Ces

(1) Découverte par d'Arsonval en 1896 confirmée par Bordier et Lecomte (*Comptes rendus*, 133, 1901, p. 1297).

lésions présentaient tous les caractères des bourgeons épithéliomateux et saignaient au moindre attouchement.

Sur le conseil de deux chirurgiens des plus appréciés, je me rends à Lyon auprès de Bordier, dont le traitement diathermothérapique retient toute leur confiance. J'accueillis ce conseil, m'étant moi-même formé une opinion depuis plusieurs semaines.

Après anesthésie à l'allocaïne, Bordier procède à la diathermo-coagulation de mes lésions, ce qui demande une à deux minutes pour le médius et quelques secondes pour l'index. Il m'est prescrit de faire des pansements au liniment oléo-calcaire pendant quelques jours, puis des lavages et tamponnements avec un liquide isotonique et antiseptique (eau salée et eau oxygénée) : tout liquide non isotonique est franchement intolérable.

Les résultats de la diathermo-coagulation ont été exactement ceux que Bordier m'avait indiqués avec tant de précision : disparition immédiate et complète des douleurs, lymphorrhée abondante pendant trois jours, chute des eschares au dixième jour; à l'expiration de la sixième semaine, cicatrisation complète et suppression de tout pansement. La cicatrice est à peine apparente, elle est souple, non adhérente, de niveau avec le tégument environnant. Aucun trouble de la sensibilité ni de la circulation.

J'adjurerai les confrères blessés comme je l'ai été d'adopter ma conduite. *On ne devrait plus mourir du cancer des radiologistes.*

La séance est levée à 16^{h}.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE. — *Sur les conditions de la vie aérienne ou souterraine des Aphides et en particulier de l'*Eriosoma lanuginosum *Hartig*. Note [1] de M. **PAUL MARCHAL**.

L'*Eriosoma lanuginosum* est ce Puceron qui détermine les volumineuses galles en forme de vessie que l'on rencontre souvent sur les Ormes champêtres. Les migrations estivales de cette espèce ayant lieu de l'Orme aux racines du Poirier avec retour partiel automnal du Poirier sur l'Orme ont été démontrées par les travaux de Mordwilko et de Börner.

Nous avons eu l'occasion de les observer aussi aux environs de Paris et de réaliser expérimentalement le passage de l'Orme au Poirier, mais dans des conditions qui montrent l'influence du milieu sur le mode d'existence de l'Insecte.

Nos expériences, poursuivies pendant les années 1924 et 1925, portèrent sur de jeunes Poiriers, en pots, la contamination étant faite en juillet-août, au moyen de galles récoltées sur les Ormes, au moment de la sortie des ailés migrateurs. Deux dispositifs différents furent adoptés : ou bien la contamination fut faite en plein air et en pleine lumière en recouvrant simplement les Poiriers et les galles de mousseline fine; ou bien l'expérience fut conduite au laboratoire dans une pièce au Nord bien éclairée, quoique sans insolation et sous une cage d'élevage partiellement garnie de mousseline mais en grande partie vitrée (modèle Trouvelot). Or, avec le premier de ces dispositifs, les jeunes Pucerons parthénogénétiquement engendrés par les

---

[1] Séance du 11 janvier 1926.

ailés descendirent en terre, et, suivant la règle normale pour cette espèce, envahirent les racines, de sorte que, pour reconnaître la contamination et découvrir les amas de Pucerons, il fallut procéder au dépotage des Poiriers. Au contraire, dans le deuxième cas, de populeuses colonies d'aptères couvertes de sécrétion d'apparence laineuse se développèrent, au cours des mois d'août et de septembre, sur les parties aériennes depuis la base du Poirier jusque sur des rameaux assez élevés; les générations se succédèrent au nombre de 3 à 4 jusqu'à l'arrière-saison et l'évolution de ces lignées exigea, pendant ce court intervalle, le passage des Insectes sur deux Poiriers successivement employés, afin d'éviter l'interruption des observations par suite du dépérissement de la première plante nourricière; des colonies aériennes abondantes se reformèrent sur le second Poirier et les ailés se montrèrent en quantité croissante depuis la fin de la première quinzaine de septembre jusqu'à la fin d'octobre. Ce processus aboutit à la fin d'octobre à la transformation totale des colonies aériennes en ailés sexupares et comme, d'autre part, les radicicoles faisaient entièrement défaut, la plante se trouva dès lors complètement libérée.

Nous nous trouvons donc en présence d'une espèce qui, connue jusqu'ici sur le Poirier comme vivant exclusivement d'une façon souterraine et radicicole, fut amenée par les conditions de l'expérience à devenir aérienne, puis à se résoudre finalement en une lignée exclusivement composée d'ailés sexupares. Nous réserverons l'interprétation du second de ces phénomènes qui paraît être d'origine complexe (1) et le premier d'entre eux retiendra seul notre attention. Il ne paraît pas douteux que la fraîcheur régulière maintenue par les arrosages dans une cage en grande partie vitrée, se trouvant elle-même dans une salle non ensoleillée, permit à l'espèce de se développer sur les parties aériennes (2).

(1) L'augmentation de la tendance à produire des ailés peut trouver une bonne part de son explication dans les causes internes. Le fait que, dans le cas actuel, les Pucerons descendent tous, à un degré de parenté très rapproché, de gallicoles de l'Orme peut, en effet, intervenir suivant un processus de même ordre que celui que j'ai mis en évidence pour diverses espèces de Chermes et comme les choses paraissent aussi se passer pour le Puceron lanigère du Pommier issu des galles sur l'Orme américain. D'autre part, tous les jeunes individus d'une même génération n'arrivant pas à se fixer et à survivre, il se peut aussi que certains d'entre eux, présentant une tendance héréditaire plus grande à se développer en ailés, soient favorisés par les conditions extérieures aux dépens de ceux qui présentent une tendance moins marquée.

(2) La protection assurée dans la cage contre les ennemis naturels peut aussi entrer en ligne de compte; mais elle ne permet pas à elle seule d'expliquer le phénomène.

On peut en déduire que, si l'*Eriosoma lanuginosum* est une espèce hypogée, ce n'est pas en raison d'un géotropisme positif ou d'un phototropisme négatif, mais parce que cette espèce recherche la fraîcheur de la terre (hygrotropisme). Si l'humidité et la fraîcheur ne lui font pas défaut, elle est parfaitement apte à évoluer sur les parties aériennes du Poirier et ne recherche plus les racines. L'*Eriosoma lanuginosum* semble être particulièrement exigeant pour ses besoins d'humidité et de constance thermique. Aussi, dans la nature, est-ce généralement à une grande profondeur et sur les fines racines du Poirier qu'on le rencontre (1). Il est intéressant de noter d'autre part que le Puceron lanigère du Pommier (*Eriosoma lanigerum* Hausmann) est une espèce beaucoup moins exigeante que la précédente sous les mêmes rapports. Aussi peut-elle vivre dans la nature à la fois en lignées aériennes sur les rameaux et en lignées souterraines sur les racines, les premières ou les secondes pouvant d'ailleurs prédominer suivant les climats, les terrains et les conditions météorologiques de l'année.

Les observations qui précèdent concordent avec l'ensemble des faits mis particulièrement en lumière par Paul de Peyerimoff et Racovitza et d'où il résulte que dans la biologie des animaux terricoles et cavernicoles l'humidité et la constance thermique sont les facteurs prédominants.

Chez les Eriosomiens et autres Pemphiginés, nous voyons, d'une façon générale, le besoin d'un habitat relativement humide et à température constante se satisfaire pour une même espèce par deux voies différentes : d'une part, pour les lignées évoluant sur l'hôte définitif, par la formation d'une galle qui leur assure un régime cavernicole aérien; d'autre part, pour les lignées évoluant sur l'hôte intermédiaire, par l'adoption plus ou moins complète de la vie souterraine.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Sur la classification d'ensemble de tous les procédés de calcul dérivés de la géométrie et de la mécanique*. Note de **M. M. d'Ocagne.**

L'ensemble de tous les procédés de calcul dérivés de la géométrie et de la mécanique apparaissent au premier abord comme formant une masse

(1) Ce fait est facilement constatable au moment des arrachages chez les horticulteurs; on peut recueillir facilement les petites colonies laineuses de ce Puceron dans les anfractuosités qui accompagnent les racines brisées restant engagées dans les parois du trou d'où l'arbre a été retiré.

considérable, extrêmement confuse. L'étude approfondie de tous ces procédés, à laquelle j'ai commencé à m'attacher il y a plus de trente ans, m'a conduit, en dernière analyse, à prendre pour éléments caractéristiques de chacun d'eux : 1° le mode d'inscription qu'il comporte pour les nombres (données et résultat) entrant dans l'opération à laquelle il s'applique; 2° la nature — graphique ou mécanique — de la liaison par laquelle cette opération est réalisée.

Au point de vue de l'inscription, ou bien les chiffres dont se compose chaque nombre sont inscrits individuellement au moyen de dispositifs appropriés, en quelque quantité que soient ces chiffres (jusqu'à la limite fixée par la pratique), auquel cas on a affaire à un *inscripteur à chiffres*; ou bien chaque nombre est lu sur une échelle cotée (métrique ou fonctionnelle) qui constitue alors un *inscripteur à cotes*. Dans ce second cas, sauf pour les nombres qui servent de cotes aux points effectivement marqués sur l'échelle, l'inscription n'est réellement pratiquée qu'à un certain degré d'approximation dépendant de la précision de l'interpolation à vue qui permet d'atteindre les points intermédiaires entre les points marqués, degré d'approximation qu'il convient d'adapter aux besoins de l'application pratique que l'on a en vue.

Quant à la nature de la liaison établie entre les inscripteurs, à chiffres ou à cotes, correspondant les uns aux données, le dernier au résultat, c'est elle qui constitue l'essence même du procédé envisagé. Cette considération primordiale conduit à grouper en cinq classes tous les procédés en question.

La détermination des subdivisions à introduire dans chacune de ces cinq classes offre assurément aussi un intérêt non négligeable; mais nous la laissons ici entièrement de côté.

Parmi ces cinq classes, il n'en est qu'une qui soit fondée sur l'emploi d'inscripteurs à chiffres; elle embrasse toutes les machines à calculer proprement dites, qui ne s'appliquent qu'à des opérations arithmétiques isolées ou combinées en petit nombre (comme le sont les additions étagées sur lesquelles repose le calcul des différences), mais portant sur des nombres d'autant de chiffres qu'on le veut (dans les limites assignées par la pratique). A ces *machines arithmétiques*, on peut joindre aussi les machines dites *arithmologiques* capables d'effectuer avec une extrême rapidité les vérifications très laborieuses que requièrent certaines opérations de la théorie des nombres, telles que les factorisations (et, par suite, la reconnaissance du caractère des nombres premiers), les décompositions en sommes de carrés, la résolution en nombres entiers de certaines équations indéterminées, etc.

C'est à cette première classe qu'il convient de réserver le nom de *calcul mécanique*.

Les quatre autres classes n'utilisent que des inscripteurs à cotes.

En premier lieu, ces inscripteurs à cotes peuvent servir simplement à fournir, sur un dessin, les longueurs de certains segments de droites, proportionnelles soit (ce qui est le cas à peu près général) aux nombres eux-mêmes soumis à l'opération, soit à certaines fonctions simples (comme le carré ou le logarithme) de ces nombres. Les segments de droites, ainsi représentatifs des données, entrent alors dans certaines constructions géométriques propres à faire apparaître, sous la même forme, le résultat cherché dont la valeur numérique est encore fournie par un inscripteur à cotes auquel on le confronte. Mais ces constructions géométriques peuvent être effectuées soit par les procédés graphiques ordinaires n'utilisant que la règle, l'équerre et le compas, soit à l'aide de dispositifs mécaniques spéciaux propres à réaliser par leur jeu certaines relations géométriques, tels que sont, par exemple, les divers intégromètres et intégraphes. Dans le premier cas, on a affaire au *calcul graphique* proprement dit (qui comprend notamment toute la statique graphique); dans le second, au calcul *grapho-mécanique*.

Mais on peut aussi supposer que les inscripteurs à cotes interviennent directement dans l'opération substituée au calcul numérique; il faut pour cela qu'ils soient liés entre eux par l'intermédiaire soit de certains systèmes de lignes, fixes ou mobiles, soit de certains organes mécaniques, de telle façon que les nombres lus, à chaque instant, simultanément sur chacun d'eux, en face d'index déterminés, satisfassent ensemble à une certaine relation analytique dont on se trouve avoir ainsi réalisé une sorte de représentation. De là, deux nouvelles classes, celles du *calcul nomographique* et celle du calcul *nomographo-mécanique*, suivant que la liaison établie entre les divers inscripteurs à cotes est de forme graphique ou mécanique.

En fait, les systèmes cotés qui figurent sur les nomogrammes ne sont pas seulement de ces échelles que nous avons plus spécialement appelées des inscripteurs à cotes; on y trouve aussi des systèmes de lignes quelconques cotées; mais il suffit, pour être ramené au type primordial ici envisagé, d'écrire les cotes de chacun de ces systèmes à la rencontre des lignes qui le composent avec une transversale quelconque ainsi transformée en un véritable inscripteur à cotes, à partir duquel les lignes du système apparaissent comme des éléments de liaison graphique.

Quant au calcul nomographo-mécanique, il englobe la plupart des remar-

quables machines imaginées par notre savant correspondant M. Torres Quevedo, dites par lui *analytiques*, parmi lesquelles on peut citer comme particulièrement typique la curieuse machine à résoudre les équations algébriques de degré quelconque, dans laquelle ce que nous appelons ici les inscripteurs à cotes se présente sous la forme de ces organes spéciaux auxquels l'inventeur a donné le nom d'*arithmophores logarithmiques*.

En résumé, la classification d'ensemble de tous les procédés géométriques et mécaniques de calcul peut se réduire au tableau suivant :

1° Calcul mécanique;
2° » graphique;
3° » grapho-mécanique;
4° » nomographique;
5° » nomographo-mécanique.

Au point de vue pratique, il convient de souligner que les procédés de la première classe ne s'appliquent qu'à des opérations arithmétiques élémentaires portant sur des nombres d'autant de chiffres que l'on veut, tandis que ceux des quatre autres classes peuvent, d'ailleurs à des degrés divers, être étendus à des opérations algébriques ou analytiques d'ordre très élevé, pourvu qu'elles ne portent que sur des nombres ne comportant pas, en général, plus de trois chiffres significatifs, exceptionnellement quatre. Cela, sous le rapport du choix qui peut en être fait en vue de telle ou telle application, les différencie bien nettement les uns des autres. Les exigences particulières de chacune de ces applications fixent le type du procédé de calcul qui lui convient.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. L'énergie par centimètre cube et par gramme au moment de l'explosion.* Note de M. E. **Mathias**.

Nous employerons deux méthodes différentes appliquées à des formes pour ainsi dire inverses. L'une d'elles sera l'éclair fulminant descendant, dans des conditions telles que le fer traversé commencerait à fondre; l'autre sera un éclair *ascendant* minuscule, inoffensif Si les deux méthodes donnent le même résultat, on sera bien près de la certitude et le principe posé de l'unité de la matière fulminante pure sera confirmé.

1. Soit un éclair rectiligne, cylindrique, de longueur l, de section S, éclatant entre deux régions de potentiels respectifs V et V' ($V > V'$), la

décharge, d'énergie W, transportant m coulombs. On a

$$W = m(V - V') = ml\frac{V - V'}{l} = mlG;$$

G est le gradient de potentiel en volts par mètre, l s'exprimant en mètres et W en joules. Soit ω l'énergie par unité de volume de la matière fulminante, on a

$$\omega = \frac{W}{lS} = \frac{mlG}{lS} = \frac{m}{S}G.$$

La valeur de ω dépend uniquement du gradient de potentiel et de la densité de la décharge par unité de surface. *Elle est indépendante de la longueur de l'éclair et du régime de la décharge.* En particulier, on n'a pas à connaître la durée de l'éclair, d'une mesure difficile.

En prenant, pour G et $\frac{m}{S}$, des valeurs expérimentales acceptables, nous aurons l'ordre de grandeur de ω. Admettons

$$G = 100\,\frac{\text{kilovolts}}{\text{mètre}}, \qquad m = 1000 \text{ coulombs } (^1), \qquad S = 30 \text{ cm}^2,$$

$$\omega = \frac{10^3 \text{ coulombs}}{0^{m^2},003}\,\frac{10^5 \text{ volts}}{\text{mètre}} = \frac{10^8 \text{ joules}}{0^{m^3},003} = 3,3 \times 10^3\,\frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.$$

Dans le calcul précédent, *on admet que le volume de l'éclair est celui de la matière fulgurante créée;* comme il y a contraction, l'erreur commise est par défaut. Or on calcule ainsi l'énergie *initiale* au lieu de la valeur *finale* au moment de l'éclatement; on commet donc une erreur par excès. Le calcul précédent, outre les incertitudes expérimentales, comporte deux erreurs importantes de signe contraire. Se compensent-elles? C'est ce que montre le second calcul.

2. M. Lohier fils, avocat au Parlement de Bretagne, écrivit à Réaumur [2] que, le 14 septembre 1746, vers $7^h 30^m$ du soir, étant à Rennes avec deux de ses amis, dans son cabinet, il aperçut subitement sur la partie de sa robe de chambre qui répondait à la poitrine trente ou trente-cinq corpuscules lumineux, ayant l'éclat vif et blanc de l'éclair, avec une nuance

(1) Pour une durée de $\frac{1}{20}$ de seconde, l'éclair équivaudrait à un courant constant de 20000 ampères circulant pendant ce temps.

(2) *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1746, p. 23. — IGNAZIO GALLI, *Effetti dei Fulmini globulari sull'uomo e sugli animali*, § 10, p. 17, en note (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 32, 1914).

très légère de rouge; ces corpuscules étaient pour la plupart globuleux, les plus petits de la grosseur d'un pois et les plus gros de celle du bout du petit doigt. Ils ne durèrent pas bien longtemps; au bout de 5 à 6 minutes ils s'étaient tous éteints et successivement.

Beaucoup de foudres sphériques explosent après un petit nombre de secondes, ayant dépensé leur énergie de plusieurs façons à la fois. Ici, rien de pareil; fixés à l'extrémité des fils de la robe de chambre de M. Lohier fils, sans mouvement sensible, les corpuscules sphériques se refroidissent par rayonnement, en vertu de la différence entre leur température centigrade t et la température t' de l'air environnant. C'est pourquoi ils durent si longtemps. Admettons que les sphères de 4^{mm} de diamètre ($R = \frac{1}{5}$ cm) ont duré 5 minutes ($\tau = 300$ secondes).

Bien que toutes les particularités du phénomène aient été minutieusement décrites par M. Lohier fils, *il n'est pas question d'un changement de couleur des corpuscules lumineux avant de disparaître*. Nous admettrons donc que l'énergie libérée par une diminution ΔR du rayon dans le temps $\Delta\tau$ compense exactement la chaleur perdue par rayonnement pendant le même temps; donc $t - t' =$ const. et $t =$ const.

Soient $\Theta = 273 + t$ et $\Theta' = 273 + t'$ les températures absolues de la matière fulminante *considérée comme un corps noir* et de l'air, et σ une constante relative à 1^{cm^2} de la surface rayonnante; la loi de Stefan donne, J étant l'équivalent mécanique de la calorie

$$4\pi R^2 \sigma(\Theta^4 - \Theta'^4)\Delta\tau = 4\pi R^2 \Delta R \frac{\omega}{J},$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta\tau} = \frac{J}{\omega}\sigma(\Theta^4 - \Theta'^4) = \text{const.} = \frac{R}{300},$$

$$\omega = \frac{300}{R} J\sigma(\Theta^4 - \Theta'^4)\frac{\text{ergs}}{\text{cm}^3}.$$

Négligeons Θ'^4 devant Θ^4 et prenons $J = 4,2 \times 10^7$,

$$\sigma = 1,56 \times 10^{-12} \quad (^1), \qquad R = \frac{1}{5}, \qquad \Theta = 1027 + 273° = 1300°,$$

$$\omega = 28070 \frac{\text{joules}}{\text{cm}^3} = 2,86 \times 10^3 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.$$

Le calcul précédent, très simple, n'introduit que des grandeurs physiques nettes. La seule difficulté est le choix d'une valeur acceptable pour Θ.

---

(1) ABRAHAM et SACERDOTE, *Recueil de Constantes physiques*, Tableau 215. σ est donné par les expériences de Féry et Drecq (1911). Gauthier-Villars, Paris, 1913.

L'identité très approchée des résultats numériques fournis par les deux méthodes permet de conclure que : *l'énergie de la matière fulminante pure par centimètre cube, au moment de sa destruction, est environ* 2860^{kgm}.

3. Ce nombre comporte deux vérifications. L'expérience montre, en effet, que les foudres sphériques d'un rayon de 2^{cm} ont déjà une puissance destructrice considérable, tandis qu'on peut écraser sous le pied des foudres de la grosseur d'un pois.

Pour $R = 2^{\text{cm}}$, $W = 95820^{\text{kgm}}$. La foudre peut lancer à $95^{\text{m}},8$ de hauteur un poids d'une tonne, ce qui rend compte des faits observés.

Pour $R = 2^{\text{mm}}$, $W = 95^{\text{kgm}}$. Si la foudre se décomposait d'un seul coup, cette énergie serait encore sensible; mais si la pression du pied est progressive, la fraction d'énergie mise en liberté ne saurait être très dangereuse.

4. Calculons maintenant l'énergie Ω relative à 1^{g} de matière fulminante. Celle-ci ayant sensiblement la densité de l'air, 1^{cm^3} pèse $1^{\text{mg}},3$. Donc 1^{mg} a une énergie de 2201^{kgm}. Donc

$$\Omega = 2201 \times 10^6 \text{ kgm} = \frac{2201 \times 10^6}{427.8} \text{ Cal} = 5145^{\text{Cal}}.$$

La nitroglycérine, réputée la plus énergique des substances explosives [1] solides ou liquides, ne dégage par gramme que 1320^{Cal}.

L'énergie par gramme de la matière fulminante pure est donc environ quatre fois celle de la nitroglycérine.

Je continue mes recherches.

M. Émile Picard annonce un nouveau don de M. Paul Barbarin à l'Académie, complétant celui fait antérieurement d'une partie de la correspondance entre le général belge de Tilly et J. Houël. Ces lettres sont d'un grand intérêt pour l'histoire de la géométrie non euclidienne.

Sir **Robert A. Hadfield** fait hommage à l'Académie de son livre *Métallurgy and its influence on modern progress.*

---

(1) Berthelot, *Sur la force de la poudre et des matières explosives*, p. 160 et 190. Gauthier-Villars, Paris, 1872.

CORRESPONDANCE.

M. **R.-A. Millikan**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union géodésique et géophysique internationale (Section de Sismologie). Série A : *Travaux scientifiques*. Fasc. 3 : *Tables de* A. Mohorovicic. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Introduction à la Gravifique einsteinienne*, par Th. De Donder, formant le fascicule VIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

3° *Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement*, par Jean Rey. (Présenté par M. A. Rateau.)

4° *Le Quarantième Anniversaire de l'Observatoire de Limoges*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. **Georges Perrier** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait des fonds accordés sur la subvention Loutreuil en 1924.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Formules nouvelles pour comparer deux probabilités* a posteriori. Note de M. **Charles Jordan**, présentée par M. d'Ocagne.

Dans une première série d'expériences, on a obtenu ν cas favorables en n épreuves; dans une seconde série, on a obtenu ν_1 cas favorables en n_1 épreuves; il s'agit de déterminer la probabilité pour que la probabilité de l'événement simple dans la première série soit plus grande que dans la seconde série, en considérant *a priori* toutes les valeurs des probabilités des événements simples comme également probables entre zéro et un.

Laplace a résolu ce problème en développant la probabilité cherchée en

fraction continue; mais l'utilisation de ses formules nécessite de longs calculs [1].

D'autres formules ont été données, d'une application facile, mais dont les résultats ne cadrent guère avec ceux que donnent les formules de Laplace. Cela m'a conduit à reprendre l'examen de cette question.

La formule rigoureuse que j'ai obtenue pour la probabilité cherchée est

$$P = \frac{1}{C_{n_1+n+2}^{\nu_1+\nu+1}} \sum_{i=0}^{\nu} C_{n-1}^{\nu-i}\, C_{n_1+1}^{\nu_1+1-i}. \tag{1}$$

Cette probabilité se calcule assez rapidement si ν ou $n-\nu$ est petit; par contre, si ces nombres sont grands, la formule est pratiquement inutilisable. Mais dans ces cas, en la transformant, on peut arriver à la formule approchée suivante, donnant de très bons résultats :

$$P = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{t_0}^{t_1} e^{-t^2}\, dt, \tag{2}$$

où les limites d'intégration sont :

$$\left\{ \begin{aligned} t_0 &= \frac{(n+1)\left(\nu_1+\frac{1}{2}\right)-(n_1+1)\left(\nu+\frac{1}{2}\right)}{\sqrt{(n_1+n+2)(n_1+1)(n+1)}}\sqrt{2}, \\ t_1 &= \frac{2(n+1)(\nu_1+\nu+1)+(n_1+n+2)}{\sqrt{2(n_1+n+2)(n_1+1)(n+1)}}. \end{aligned} \right. \tag{3}$$

En général, on pourra se contenter de calculer t_0 et remplacer simplement t_1 par ∞ sans que le résultat change d'une manière appréciable. Si $n = n_1$, ces formules se simplifient en

$$t_0 = \frac{\nu_1-\nu}{\sqrt{n+1}}, \qquad t_1 = \frac{\nu_1+\nu+2}{\sqrt{n+1}}. \tag{4}$$

Appliquons la formule (2) à un problème de Laplace. On trouve, presque sans calculs, que la probabilité pour que la probabilité de la masculinité des naissances à Paris soit plus grande qu'à Londres, est égale à 0,0000315; Laplace a trouvé 0,0000305. L'accord est excellent.

La formule (2) donne une concordance aussi parfaite dans les autres problèmes étudiés par Laplace.

---

[1] LAPLACE, *Théorie analytique des Probabilités*, p. 391.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions bornées.* Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai démontré (¹), la proposition : *Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z|<1$, continue pour $|z|\leqq 1$, non linéaire, $|f(z)|<1$ et $f(z)\neq z$ pour $|z|<1$, si l'on pose $f(z)=f_1(z), f[f_1(z)]=f_2(z)$, etc., alors, pour chaque z intérieur au cercle C $(|z|=1)$, la suite $f_n(z)$ converge vers un point de C indépendant de z.*

Le but de la présente Note est de montrer que *la condition continue pour $|z|\leqq 1$ est superflue.*

De la Note citée il résulte que l'ensemble limite de $f_n(z)$ ne dépend pas de z et qu'il consiste d'un seul point de C ou d'un arc de C. Il s'agit de montrer l'impossibilité du dernier cas.

Admettons que l'ensemble limite soit un arc Γ de C. Un point α de Γ sera appelé de première sorte, s'il existe un point z intérieur à C, tel que la suite $z_n=f_n(z)$ contient une infinité de points tendant vers α et restant dans un angle formé par deux cordes de C issues d'un point α. Les autres points de Γ seront appelés de deuxième sorte. Supposons qu'il y ait deux points α et β de deuxième sorte intérieurs à Γ. Divisons l'intérieur de C en deux segments $\mathcal{G}$ et $\mathcal{H}$ par la corde $\alpha\beta$. Soit z un point intérieur à C. La corde $\alpha\beta$ ne contient qu'un nombre fini de points z_n, autrement α ou β serait de première sorte. Donc, à partir d'un certain rang, nous pouvons partager les z_n en deux suites z_p et z_q, z_p dans $\mathcal{G}$, z_q dans $\mathcal{H}$.

La suite z_p contient une suite partielle z_ρ, telle que $z_{\rho+1}$ est dans $\mathcal{H}$, car autrement $\mathcal{H}$ ne contiendrait qu'un nombre fini de points z_n, donc Γ serait identique à l'un des deux arcs $\alpha\beta$, ce qui contredit l'hypothèse que α et β sont intérieurs à Γ. On a $z_{\rho+1}-z_\rho\to 0$, pour $\rho\to\infty$, autrement la suite (ρ) contiendrait une suite (σ) telle que $|z_{\sigma+1}-z_\sigma|>h>0$, h fixe. La suite (σ) contiendrait une suite (τ) telle que $f_\tau(z)$ converge vers une fonction holomorphe à l'intérieur de C, qui se réduirait à une constante, puisque sa valeur absolue égalerait partout l'unité. Donc $|z_{\tau+1}-z_\tau|f_\tau(z_1)-f_\tau(z)|\to 0$, en contradiction avec $|z_{\tau+1}-z_\tau|>h>0$. Une conséquence de $z_{\rho+1}-z_\rho\to 0$ est que z_ρ ne peut avoir d'autres limites que α et β. Donc sans restreindre la généralité nous admettons la présence d'une suite (ρ) telle que $z_\rho\to\alpha$ dans $\mathcal{G}$ et $z_{\rho+1}\to\alpha$ dans $\mathcal{H}$, α étant de deuxième sorte. Pour un point ζ arbi-

(¹) *Comptes rendus*, 18?, 1926, p. 42.

traire de l'intérieur de C la suite ζ_ρ tend vers α et tel que la fonction harmonique $u_\rho(\zeta) = \arg(\zeta_\rho - \alpha)$ ne peut avoir d'autre limite, pour ρ infini, que $\arg\alpha \pm \frac{\pi}{2}$. Pour le point z on a, que $u_\rho(z)$ et $u_{\rho+1}(z)$ tendent chacune vers une limite, l'une vers $\arg\alpha + \frac{\pi}{2}$, l'autre vers $\arg\alpha - \frac{\pi}{2}$. Les fonctions $u_\rho(z)$ étant uniformément bornées dans C, elles y sont également continues, d'où il suit que de la suite (ρ) on peut extraire une suite (μ), telle que u_μ tend vers une fonction harmonique dans C.

Cette fonction ne prend que les valeurs $\arg\alpha \pm \frac{\pi}{2}$, donc elle est constante, ce qui est en contradiction avec le fait que $u_\mu(z)$ et $u_\mu(z_1) = u_{\mu+1}(z)$ tendent vers des limites différentes. Nous avons donc établi que tous les points de Γ, sauf peut-être un seul, sont de première sorte. Si α est un tel point, il existe une suite $\zeta_p \rightarrow \alpha$ dans un angle formé par deux cordes $\alpha\alpha'$ et $\alpha\alpha''$ de C. Puisque $\zeta_{p+1} \rightarrow \alpha$, on a $f(\zeta_p) \rightarrow \alpha$. Remarquons maintenant que Γ contient une épaisseur pleine de points α, tels que $f(z)$ tend vers une même limite, quand z tend vers α dans un angle formé par deux cordes arbitraires $\alpha\alpha'$ et $\alpha\alpha''$ de C. En combinant ces faits nous voyons que Γ contient une épaisseur pleine de points α, tels que $f(z) \rightarrow \alpha$, si z tend vers α suivant le rayon. Puisque $f(z)$ est bornée, l'intégrale de Cauchy montre immédiatement que $f(z)$ est prolongeable au delà de Γ; on aurait donc identiquement $f(z) = z$.

Cette contradiction démontre le théorème.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions méromorphes qui admettent un théorème d'addition ou de multiplication.* Note de M. **J.-F. Ritt**.

Représentons par $f(z)$ une fonction méromorphe. Il existe, dans certains cas, une fonction linéaire $\lambda(z)$ telle que $f[\lambda(z)]$ est une fonction algébrique de $f(z)$. Il s'agit de déterminer tous ces cas.

On peut supposer, sans diminuer la généralité, que $\lambda(z) = z + m$ ou $\lambda(z) = mz$, avec m constant.

Une première simplification du problème résulte d'un théorème de M. Picard, d'après lequel, si deux fonctions méromorphes sont liées par une relation algébrique, le genre de la relation ne peut pas dépasser un. Lorsque le genre est un, les deux fonctions sont des fonctions elliptiques d'une fonction entière.

On démontre que, si $f[\lambda(z)]$ et $f(z)$ satisfont à une relation de genre un, elles sont des fonctions elliptiques d'une fonction entière $g(z)$ telle $g[\lambda(z)] = \mu[g(z)]$, où $\mu(z)$ est linéaire. C'est là un résultat qui n'est guère qu'une conséquence immédiate du théorème de M. Picard. On trouve facilement des expressions pour $g(z)$, $\lambda(z)$ et $\mu(z)$.

Le cas de genre nul est plus compliqué. On a les possibilités suivantes :

1° $f(z)$ est une fonction elliptique d'une fonction entière $g(z)$, où $g[\lambda(z)]$ s'exprime linéairement par $g(z)$.

2° $f(z) = \mathrm{R}[h(z)]$, où $\mathrm{R}(z)$ est une fonction rationnelle, et $h(z)$ une fonction méromorphe telle que l'une des fonctions $h(z)$ et $h[\lambda(z)]$ s'exprime rationnellement par l'autre. Si $\lambda(z) = mz$, $h(z)$ est une fonction de Poincaré admettant un théorème de multiplication rationnelle. On n'a pas encore déterminé les fonctions méromorphes $h(z)$ telles que $h(z+m)$ est une fonction rationnelle de $h(z)$. Il y en a qui se déduisent des fonctions de Poincaré par une substitution, mais il est loin d'être certain qu'on les trouve toutes ainsi.

3° $f(z) = \mathrm{R}\{h[\sqrt[n]{g(z)}]\}$, où $\mathrm{R}(z)$ est rationnelle, n entier, $g(z)$ une fonction entière telle que $\sqrt[n]{g[\lambda(z)]} = \mu[\sqrt[n]{g(z)}]$ avec $\mu(z)$ linéaire, et où $h(z)$ est une des fonctions suivantes : e^z, $\cos z$, $\gamma(z)$; dans le cas lemniscatique ($g_3 = 0$), $\gamma^2(z+u)$; dans le cas équianharmonique ($g^2 = 0$), $\gamma'(z)$ et $\gamma^3(z+u)$. Il y a un nombre limité de possibilités pour les constantes n et u. On détermine facilement les formes possibles de $g(z)$, $\lambda(z)$ et $\mu(z)$. Aucune des fonctions $h(z)$, $h[\mu(z)]$ ne sera une fonction rationnelle de l'autre.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. P. Lévy.* Note de M. G. **Valiron**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note récente [1], M. Paul Lévy a démontré un intéressant théorème d'une forme entièrement nouvelle sur le rapport $\varphi(z)$ entre le terme maximum d'une fonction entière et le module maximum de la fonction pour la valeur z du module de la variable : *n parcourant la suite des entiers positifs et z_n étant une valeur quelconque de z pour laquelle le rang du terme maximum est n, ou bien pour laquelle il existe deux termes maxima dont*

---

[1] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1048. J'emploie dans cette Note les notations de M. Lévy.

les rangs comprennent entre eux (au sens large) la valeur n, la série

(1) $$\Sigma\varphi(z_n)$$

est divergente.

M. Lévy a montré dans sa Note que ce résultat peut être précisé dans le cas des croissances régulières. J'ai signalé à M. Lévy que l'on peut construire des fonctions pour lesquelles toutes les séries de la forme

(2) $$\Sigma v_n, \qquad v_n = \frac{\varphi(z_n)}{\rho\left[\frac{1}{\varphi(z_n)}\right]}$$

convergent pourvu que $\rho(u)$ soit une fonction indéfiniment croissante telle que

$$\sum \frac{1}{n\rho(n)}$$

converge. En utilisant ma méthode d'une façon plus complète, M. Lévy a prouvé que la série (2) peut converger, dès que $\rho(u)$ est une fonction indéfiniment croissante, à croissance aussi lente que l'on veut. *Il s'ensuit que son théorème est le plus précis parmi ceux de la même forme.* C'est cette proposition complète que nous établirons ici.

En employant la représentation géométrique introduite dans ces questions par M. Hadamard, on voit que, Ox et Oy étant quelconques et Π un polygone convexe vers les y négatifs dont les sommets ont des abscisses entières positives ou nulles et dont la pente des côtés croît indéfiniment, la fonction $F(z)$ pour laquelle $-\log A_n$ est l'ordonnée du point d'abscisse n de Π est une fonction entière : μ_n est la pente du côté de Π entre les points d'abcisses n et $n+1$, la condition relative à la pente des côtés se traduit par la divergence de $\sum \frac{1}{a_n}$. On peut prendre un polygone Π dont les abscisses n_p des sommets croissent aussi vite que l'on veut. Pour n compris entre n_p et n_{p+1}, on aura

$$\varphi(z_n) = \frac{f(z_n)}{F(z_n)} < \frac{1}{n_{p+1} - n_p + 1},$$

donc, en supposant $n_{p+1} > 2n_p$,

$$\sum_{n_p+1}^{n_{p+1}-1} v_n < \frac{1}{\rho(n_{p+1} - n_p + 1)} < \frac{1}{\rho(n_p)} \quad [1].$$

---

[1] C'est ici que M. P. Lévy a complété mon raisonnement.

La fonction $\rho(u)$ étant donnée, on peut choisir la suite des n_p assez rapidement croissante pour que

$$\sum_p \frac{1}{\rho(n_p)}$$

converge. Pour prouver la convergence de la série (2), il reste à établir que, quel que soit le choix des z_{n_p}, la série

$$\sum_p v_{n_p} \tag{3}$$

est aussi convergente. Or on a

$$\varphi(z_{n_p}) < \frac{1}{1+\lambda_{n_p}+\ldots+\lambda_{n_p}^{n_{p+1}}} = \frac{1-\lambda_{n_p}}{1-\lambda_{n_p}^{n_{p+1}-1}}$$

et le dénominateur tend vers zéro pourvu que $\lambda_{n_p}^{n_p}$ tende vers zéro, ce qui a lieu dès que

$$\lim \frac{a_{n_p}}{n_p} = 0. \tag{4}$$

Dans ces conditions, la série (3) converge dès que

$$\sum \frac{1}{a_{n_p}\rho\left(\frac{1}{2}a_{n_p}\right)} \tag{5}$$

converge, et il faut, pour que $F(z)$ soit une fonction entière, que

$$\sum \frac{1}{a_{n_p}} \tag{6}$$

diverge. On peut supposer a_{n_p} compris entre $\sqrt{p}$ et p^2 : la condition (4) est vérifiée, et les conditions relatives aux séries (5) et (6) sont compatibles d'après un théorème de M. Hadamard [1].

HYDRODYNAMIQUE. — *Une généralisation du tourbillon sphérique de Hill.* Note [2] de M. **A. Liénard**, présentée par M. Brillouin.

Lorsqu'un liquide, où est plongée une sphère immobile de rayon a, est animé d'un mouvement irrotationnel avec vitesse uniforme V_0 à l'infini, la

(1) *Acta mathematica*, 18, 1894, p. 325.
(2) Séance du 11 janvier 1926.

fonction de courant qui définit le mouvement a pour expression en coordonnées sphériques

$$(1)\qquad \psi_1 = \frac{V_0}{2}\left[r^2 - \frac{a^3}{r}\right]\sin^2\theta.$$

Hill a montré, en 1894 ([1]), que l'on pouvait supposer la sphère solide remplacée par du liquide sans modification du mouvement extérieur, à condition de donner au liquide intérieur un mouvement tourbillonnaire dérivant de la fonction de courant

$$(2)\qquad \psi_2 = -\frac{3}{4}V_0\left[r^2 - \frac{r^4}{a^2}\right]\sin^2\theta.$$

Le tourbillon, normal en chaque point au plan méridien, a pour valeur $\frac{15}{4}V_0\frac{r}{a^2}\sin\theta$.

Grâce à ce que les valeurs de $\frac{\partial\psi}{\partial r}$ pour (1) et (2), ainsi que les valeurs de ψ et de $\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$, se raccordent sur la sphère $r=a$, il y a continuité de la pression aussi bien que de la vitesse à la traversée de la sphère.

On satisfait encore aux conditions indéfinies du mouvement en combinant les formes d'expressions (1) et (2) et prenant

$$(3)\qquad \psi_3 = \left(A r^4 + B r^2 + \frac{C}{r}\right)\sin^2\theta.$$

Choisissons les rapports des coefficients A, B, C de sorte que ψ_3 s'annule pour $r=a$ et pour $r=b<a$. Puis fixons le coefficient de proportionnalité par la condition que la valeur de $\frac{\partial\psi_3}{\partial r}$ se raccorde avec celle de $\frac{\partial\psi_1}{\partial r}$ sur la sphère $r=a$. Cela donne

$$(3')\qquad \psi_3 = \frac{3}{2}V_0\,\frac{r^4(a^3-b^3) - r^2(a^5-b^5) + \frac{1}{r}a^3b^3(a^2-b^2)}{(a-b)^2[2a^3+4a^2b+6ab^2+3b^3]}\sin^2\theta.$$

Le numérateur n'admet pas d'autre racine positive que a et b, car il ne présente que deux variations.

Le mouvement ψ_3 peut faire prolongement du mouvement (1) entre les sphères $r=a$ et $r=b$.

A l'intérieur de la sphère de rayon b, on pourra :

([1]) *Philosophical Transactions*, série A, 185, 1894, p. 213.

1° Soit supposer une sphère solide;

2° Soit supposer un tourbillon sphérique de Hill qui se déduirait de (2) par le changement de a en b et l'introduction du facteur négatif

$$-\frac{3a^3+6a^2b+4ab^2+2b^3}{2a^3+4a^2b+6ab^2+3b^3};$$

3° Soit encore supposer un nouveau mouvement de la forme (3) avec d'autres valeurs des coefficients A, B, C.

La masse liquide entre les sphères de rayons a et b est constamment la même. Les lignes de courants, situées dans des plans méridiens, ont pour équation $\psi_3 = \text{const.}$ Ce sont des courbes fermées comprises entre les demi-cercles $r = a$, $r = b$ et l'axe polaire $\sin\theta = 0$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouvel isolant électrique.* Note (¹) de M. André Samuel, présentée par M. Ch. Moureu.

On sait, par des exemples comme celui de l'ébonite, combien s'améliorent les propriétés diélectriques des isolants organiques d'origine naturelle, quand on les combine avec du soufre; on pouvait donc supposer qu'il en serait de même pour les isolants synthétiques.

Dans cet ordre d'idées nous avons porté notre étude sur les produits de condensation de l'aldéhyde formique avec les phénols.

Nous avons d'abord préparé et déshydraté par les procédés bien connus un produit de condensation de l'aldéhyde formique avec le crésol; nous avons arrêté la polymérisation à cet état visqueux intermédiaire où la substance est encore très soluble dans l'alcool et l'acétone.

Dans cet état nous la traitons avec précautions par le chlorure de soufre S^2Cl^2 en neutralisant l'acide chlorhydrique à mesure qu'il se forme. On arrête la réaction dès qu'il y a un excès de chlorure de soufre.

Le rapport du chlorure de soufre consommé au composé formo-phénolique initial est très constant (environ 12 pour 100), et le produit finalement obtenu est toujours semblable à lui-même.

On peut le purifier par des dissolutions et précipitations successives et l'on obtient ainsi une poudre blanche de densité 1,18.

Pour le moment nous réservons l'étude de sa constitution chimique et nous lui donnerons le nom de *thiolite*, qui rappelle son origine.

(¹) Séance du 11 janvier 1926.

Notons seulement que le chlorure de soufre a réagi en laissant tout son soufre à l'état combiné et en perdant tout son chlore à l'état de gaz chlorhydrique.

Nous verrons plus loin que les propriétés diélectriques de cette substance sont remarquables; mais, pour les applications pratiques, préoccupons-nous d'abord des propriétés qui assurent la facilité d'emploi.

La thiolite n'a aucune odeur. La poudre a la propriété de se ramollir à la chaleur vers 80° à la pression atmosphérique et de passer par un état de fusion franche quand on la chauffe brutalement sous une pression de quelques kilogs, puis elle se durcit en se polymérisant *sans aucun dégagement gazeux*.

Vers 150° sous une presse chauffante la fusion est suivie presque instantanément de la polymérisation complète, ce qui permet en des temps très courts de fabriquer des pièces moulées de structure vitreuse.

La matière est alors très dure et parfaitement insoluble dans tous les dissolvants.

Elle est infusible et ininflammable et ne se ramollit pas à la chaleur. Elle n'absorbe pas l'humidité de l'air et elle résiste d'une façon remarquable à l'action des agents chimiques.

Des pièces ainsi réalisées au début de nos travaux n'ont au bout de quatre années manifesté aucune altération.

La poudre non polymérisée a la propriété de se dissoudre presque instantanément dans un grand nombre de dissolvants organiques : alcool, carbures, acétone, acétate d'éthyle, furfurol, oxyde de mésityle, cyclohexanol, pyridine, etc.

On réalise ainsi des vernis que l'on peut évaporer et polymériser très rapidement sans dégagement gazeux.

Ils sont parfaitement neutres, très fluides, même à l'état concentré, et une fois secs ils ont un pouvoir isolant tout à fait remarquable.

Un barreau de cuivre recouvert ainsi d'une pellicule isolante de quelques millièmes de millimètre (polymérisée par la chaleur) s'électrise par frottement et attire les corps légers aussi bien qu'un morceau d'ambre.

Pour ce qui concerne ces propriétés isolantes, les déterminations suivantes ont été faites par le Laboratoire Central d'électricité sur la matière polymérisée :

Résistivité : 300×10^6 mégohms : cm environ. Ce chiffre tout à fait considérable permet de s'expliquer l'électrisation facile par frottement.

Pouvoir inducteur spécifique : 4,5 environ.

Pertes diélectriques en haute fréquence : $C = 54 \times 10^{-6}$.

Rigidité diélectrique. — Tension alternative de rupture entre électrodes en forme de disque, moyennes de plusieurs essais :

Épaisseur des éprouvettes.	Tensions *efficaces*.	Tensions de rupture *vraies* rapportées à 1mm.
mm	volts	volts
4,1	58000	19900
2,1	35000	23600
1,6	33000	29100
1,3	28000	30400
1,0	24000	33900
0,1	6500	91800

Du point de vue purement scientifique, ce produit présente un grand intérêt par son pouvoir isolant remarquable, qu'il faudra plus tard expliquer par sa constitution.

OPTIQUE. — *Sur une méthode conduisant à l'obtention d'images « péristéréoscopiques ».* Note de M. GUSTAVE BESSIÈRE, présentée par M. L. Lumière.

I. La méthode proposée fournit des images dont la perspective se modifie de manière continue et correcte pour tout déplacement horizontal du spectateur. On sait que les images intégrales de G. Lippmann changeraient d'aspect pour un déplacement quelconque. Je me suis proposé de représenter sur une surface plane unique tous les aspects que présente un objet quand le spectateur se déplace horizontalement entre deux limites, ce qui réalise l'effet Lippmann limité au sens horizontal et assure la perception du relief.

Le problème relève de la perspective géométrique et les images péristéréoscopiques de figures simples peuvent être obtenues au tire-lignes avec assez de netteté pour vérifier le principe de la méthode. C'est ainsi que j'ai opéré au début de mes recherches.

II. La méthode est basée sur les considérations suivantes :

Soit un objet K situé en arrière du tableau (*fig.* 1); imaginons que le point de vue au lieu de rester fixe au point O ait la liberté de se déplacer horizontalement le long du segment AB choisi comme base. Disposons devant le tableau et parallèlement à celui-ci un écran opaque muni d'une fente verticale linéaire *f*.

Les rayons visuels s'appuyant sur la base AB et la fente f forment une congruence linéaire qui remplit tout le prolongement du dièdre AfB au delà du tableau et englobe tout ou partie de l'objet.

Les traces sur le tableau des rayons qui rencontrent l'objet constituent, de cet objet, une image étroite et déformée que l'on peut déterminer géométriquement. Pour tous les points de la base AB, l'image et l'objet vus à travers la fente coïncident par construction.

Pratiquons sur l'écran d'autres fentes verticales de manière à obtenir un réseau ligné de pas égal à $AB \times \frac{e}{d}$ et traçons les autres images. Vu de tous les points de la base AB, l'objet coïncide, par construction, avec toutes ses images, et, pour un spectateur qui va de A en B, il revient au même d'examiner l'objet à travers le réseau ou les images à travers ce même réseau. On peut donc retirer l'objet sans modifier en rien les sensations visuelles du spectateur. Dans le cas d'un sujet étendu, chaque image élémentaire représentera seulement une tranche de ce sujet réduite horizontalement dans un rapport qui dépend des données choisies. On remarquera que cette théorie ne fait intervenir aucune considération physique.

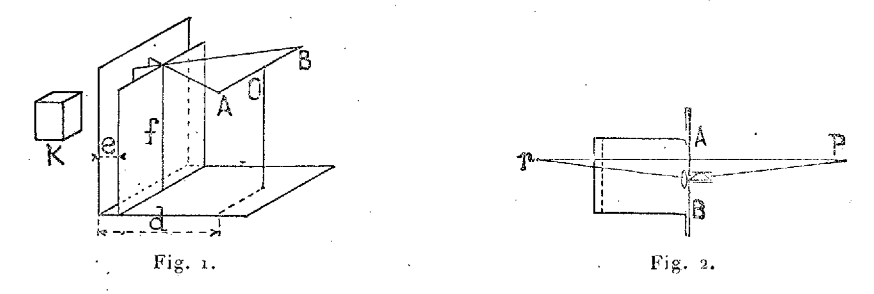


Fig. 1. Fig. 2.

III. L'application de la méthode à la photographie impose la nécessité de former un espace-image où les divers plans de l'espace-objet viennent se mettre en place dans l'ordre convenable qui est l'inverse de celui que fournirait un objectif ordinaire.

Voici le plus simple des dispositifs réalisés à cet effet.

Un objectif ordinaire peut se déplacer horizontalement devant la chambre noire sur une base AB (*fig.* 2). Il reçoit à travers un diaphragme très petit les rayons lumineux préalablement déviés par un prisme à réflexion totale formant inverseur. La plaque sensible est doublée en avant d'un réseau dont le pas est déterminé comme il a été dit.

Pendant la durée de la pose, on déplace le système optique de A en B.

Les rayons issus d'un point P convergent vers le point p symétrique du point P par rapport à la droite AB.

La figure 3 représente le même dispositif schématisé, la ligne AB étant la base parcourue par l'objectif. L'image virtuelle d'un objet MN se formera

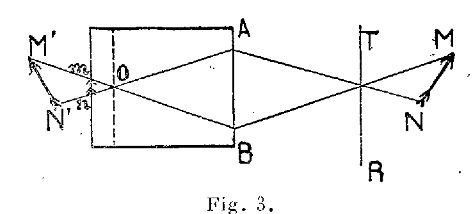


Fig. 3.

en M'N' symétrique de l'objet par rapport à la ligne de base AB. La figure montre comment les rayons lumineux admis par une fente O réalisent d'eux-mêmes en *mn* la construction d'une image élémentaire de l'objet, comme il est exposé au paragraphe II.

Il convient de noter que l'image virtuelle M'N' et l'objet MN étant symétriques par rapport à une droite sont égaux et superposables. Le maximum de netteté est obtenu quand l'objet est situé dans la région RT symétrique du réseau par rapport à la base AB.

On observera que l'objet MN ne pourra figurer que partiellement dans certaines images élémentaires et même manquer totalement si les dièdres correspondant à ces images ne le rencontrent pas.

L'épreuve négative obtenue dans cet appareil fournit, par contact, des positifs qu'il suffit de doubler chacun d'un réseau approprié pour obtenir des images péristéréoscopiques.

Mais l'appareil, tel qu'il vient d'être décrit, ne pouvant fournir que des images en vraie grandeur, n'aurait que des applications limitées. Pour réduire à volonté la dimension des images et augmenter le champ, j'ai employé une base circulaire. Dans ce cas, tout le système optique tourne autour d'un axe vertical situé vers l'arrière de l'appareil.

Pour étendre la méthode aux projections de vues fixes ou animées, on projettera les épreuves démunies de leur réseau sur la face arrière d'un écran translucide dont la face avant sera vue par les spectateurs à travers un réseau établi suivant des constantes appropriées.

Une théorie plus détaillée montrait que le spectateur peut occuper une position quelconque, dans toute l'étendue du champ correspondant à la base et que les zones de vision correcte se reproduisent périodiquement de part et d'autre des limites de cette base.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'interprétation des spectres émis par de l'azote solide et des mélanges solidifiés d'azote et de gaz inertes.* Note [1] de M. L. **Vegard**, présentée par M. Deslandres.

Dans mes publications précédentes [2] sont exposés quelques phénomènes lumineux remarquables, qui apparaissent lorsque des gaz solidifiés sont bombardés par des rayons électriques.

Sous certaines conditions on observe en particulier plusieurs séries de bandes d'une structure simple.

Par le bombardement avec des *rayons canaux* on obtient dans de l'azote pur une série diffuse (A) et dans de l'argon contenant des traces d'azote deux séries plus distinctes (α) et (β).

Des *rayons cathodiques rapides* donnent : avec de l'azote pur deux séries diffuses (B) et (B'), et une série de doublets tranchés (C, C'). Dans de l'argon contenant des quantités petites d'azote, ils donnent naissance aux séries γ, γ', δ, δ', η et un *système* de séries ε.

Toutes les séries peuvent être exprimées par des relations de Deslandres :

$$\nu = Q + R\mu + S\mu^2 \qquad (\mu = 0, 1, 2, \ldots). \tag{1}$$

Les valeurs des constantes Q, R, S sont données dans la table.

Le *système* des séries ε peut être représenté par l'équation

$$\varepsilon_n^p = 16747 + 1755\,m + 16\,n^2 + (480 + 32\,n)\,p. \tag{2}$$

Chaque valeur de $n(0, 1, \ldots, 7)$ correspond à une série en $p(0, 1, \ldots, 6)$ où $\Delta\nu$ est constant.

Les grandes valeurs des constantes R *montrent que nous avons ici des séries oscillatoires.*

---

(1) Séance du 1er janvier 1926.

(2) L. Vegard, *Kon. Akad. v. Wet.*, Amsterdam, 27, nos 1 et 2, 1924, p. 113; *Comm. of. Leiden Lab.*, 168d et 175; *Akad. Norv.*, Oslo, no 12, 1924; no 9, 1925; *Nature*, 113, 1924, p. 716; *Phys. Zeitschr.*, 25, 1924, p. 685; *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1153; 179, 1924, p. 35 et 151. — L. Vegard, H. Kamerlingh Onnes et W. H. Keesom, *Kon. Akad. v. Wet.*, 27, no 5, 1925, p. 331; *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1084.

Séries.	Q.	R.	S.	T_0.		μ-interval.
A........	17374	1468	20,0			
B = β....	19550	1364	0 (?)			
B'........	20283	1364	0 »			
γ.........	15872	1488	86,5			
γ'........	15987	1545	71,0			
η.........	21604	1915	21,4			
C........	15645	1270,7	11,2	0		0—7
C'........	15601	1270,7	11,2	44		0—7
ϑ........	15090	1519,2	11,6	15882	866	11—16
α........	17423	1500	20,7 (?)	$16748 = \varepsilon_0^0$		15—21
δ........	16450	1560	12,0	17614	866	13—16

D'après Bohr, on a

$$\nu = \frac{w_1 - w_0}{h}. \tag{3}$$

L'énergie est donnée par une expression de la forme

$$\frac{w}{h} = \Sigma\nu_j + \sum_{i=1}^{i=f}(r_i\mu_i + s_i\mu_i^2) \qquad (\mu_i = 0, 1, 2, \ldots); \tag{4}$$

$h\Sigma\nu_j$ est l'énergie due aux transitions électroniques interatomiques, $h(r_i\mu_i + s_i\mu_i^2)$ est l'énergie d'un oscillateur, et f le nombre des degrés de liberté.

Si l'on insère (4) dans (3), on obtient la fréquence donnée par des équations de la forme (1) en supposant que les lignes de chaque série paraissent par des transitions entre un niveau fixe d'énergie et des niveaux successifs oscillatoires.

Les séries C, C', ϑ, α, δ sont reliées par la formule

$$\nu = T_1(\mu) - T_0, \tag{5}$$

où

$$T_1(\mu) = 15645 + 1255\mu + 12,4\mu^2.$$

Chaque série a sa valeur de T_0 et son μ-intervalle donnés dans la Table.

Le système des séries ε est formé par des transitions entre deux termes oscillatoires, qui ont la même valeur de la constante s. Les équations (3) et (4) donnent

$$\nu = \Sigma\nu_j + r_1\mu_1 + s\mu_1^2 - r_0\mu_0 - s\mu_0^2.$$

Si s est positif, nous introduisons

$$\mu_1 - \mu_0 = n + n_0 \qquad \text{et} \qquad \mu_0 = p + p_0,$$

et l'on a

(6) $$\nu = \nu_0 + Rn + sn^2 + (R' + 2sn)p.$$

Nous obtenons le système ε (2) en mettant

$$\nu_0 = \Sigma\nu_j + r_1 n_0 + sn_0^2 + 480 p_0 = 16747 \,\text{cm}^{-1},$$
$$R = r_1 + 2s(n_0 + p_0) = 1755, \qquad R' = r_1 - r_0 + 2sn_0 = 480, \qquad s = 16.$$

Pour s négatif on obtient le système ε (2) en introduisant

$$\mu_1 - \mu_0 = n + n_0, \qquad \mu_1 = p_0 - p, \qquad s = 16;$$
$$\nu_0 = \Sigma\nu_j + r_0 n_0 - 480 p_0 + sn_0^2 = 16747 \,\text{cm}^{-1};$$
$$R = r_0 - 2s(p_0 - n_0) = 1755, \qquad R' = r_0 - r_1 + 2sn_0 = 480.$$

Quant aux valeurs de n_0 et p_0 elles ne sont pas encore fixées.

Le rapprochement entre les séries de l'azote pur et celles de l'argon contenant des traces d'azote, montre que *toutes les séries appartiennent à l'azote.*

Les séries ε et η, comme les bandes N_1, N_2 et N_3, apparaissent dans la lumière persistante, et par conséquent *ces lignes sont caractéristiques de la forme cristalline de l'azote.*

ATOMISTIQUE. — *Production de lumière ultraviolette par impact d'électrons de faible vitesse sur la surface d'un métal.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Deslandres.

L'expérience décrite ci-dessous peut être considérée comme le prolongement naturel des tentatives faites pour raccorder le domaine des rayons X de grande longueur d'onde avec celui des rayons ultraviolets. Les nombreux expérimentateurs qui se sont occupés de cette question et, en particulier, MM. Holweck, Kurth, Horton et Davies, Thomas, ont montré que l'impact sur une anode métallique d'électrons émis par un filament incandescent et accélérés par une différence de potentiel V, produisait une radiation décelable par son pouvoir ionisant ou son effet photo-électrique et à laquelle ils ont, avec Einstein, assigné une fréquence maxima ν_m telle que

$$h\nu_m = eV.$$

L'application de cette formule dans laquelle V est la différence de potentiel totale subie par l'électron, laisse place à de nombreuses incertitudes (valeur de la fonction Φ de Richardson, correction pour l'énergie

initiale d'émission des électrons, etc.) et ne donne qu'une idée très grossière de la nature de la radiation produite par des électrons accélérés par des différences de potentiel de quelques volts.

Pour préciser ce point, j'ai cherché à produire des radiations de longueur d'onde suffisamment longues pour pouvoir être décelées par la méthode spectrographique. Mais deux graves difficultés se présentent : d'une part, par suite de l'existence de la charge d'espace, l'intensité du courant électronique décroît rapidement quand la différence de potentiel filament-anode diminue; d'autre part, les radiations visibles et ultraviolettes émises par le filament tendent à masquer l'effet cherché. L'emploi du dispositif suivant permet d'atténuer considérablement ces inconvénients :

Un filament à grand pouvoir thermionique (tungstène thorié ou mieux platine recouvert d'oxydes alcalino-terreux) est tendu dans l'axe d'une ampoule cylindrique de silice fondue transparente aux rayons ultraviolets jusqu'à $\lambda 2100$ environ. L'anode qui doit être soumise au bombardement électronique est située dans un plan radial passant par l'axe du filament et à une très petite distance de celui-ci; elle est constituée par une bande de platine étroite et légèrement incurvée. Grâce à cette disposition, aucun rayon lumineux émis par le filament n'atteint directement la surface de la plaque. Le filament et l'anode sont entourés par une plaque cylindrique de molybdène que l'on peut porter à un potentiel positif (quelques milliers de volts) par rapport au filament. Un vide très élevé règne à l'intérieur du tube qui a été scellé après pompage au moyen d'une pompe à diffusion munie d'un piège à air liquide et étuvage à haute température : la stabilité des caractéristiques de fonctionnement du tube montre que toute trace appréciable de gaz a été éliminée et que la décharge peut être considérée comme purement électronique.

Pour utiliser l'appareil, on porte la plaque de platine à un potentiel supérieur de quelques volts et le cylindre de molybdène à un potentiel supérieur de quelques milliers de volts à celui du filament, et l'on établit simultanément au moyen de solénoïdes enfilés sur le tube un champ magnétique sensiblement uniforme parallèle au filament. L'expérience montre que pour des valeurs convenables de la différence de potentiel appliquée entre le filament et le cylindre de molybdène et de l'intensité du champ magnétique, le courant électronique reçu par la plaque de platine est considérablement augmenté. Les électrons extraits du filament par le champ électrostatique intense qui règne à sa surface, suivent dans le champ magnétique des trajectoires incurvées dont une notable proportion ren-

contre la plaque de platine. On peut ainsi, sans éclairer celle-ci, obtenir avec des différences de potentiel de quelques volts des courants électroniques de l'ordre de quelques milliampères par centimètre carré.

La radiation produite, après avoir traversé une ouverture pratiquée dans le cylindre de molybdène et la paroi du tube, est concentrée par une lentille de fluorine sur la fente d'un spectrographe monochromateur Van Cittert de grande luminosité, réglé de manière à ne transmettre que les radiations de longueur d'onde plus courte que 2300 Å. Ces radiations recomposées sont enregistrées sous forme d'une image linéaire par une plaque photographique.

J'ai réalisé l'expérience dans les conditions indiquées ci-dessus. Avec un courant électronique de 1 milliampère sur une anode de platine de 10^{mm^2} portée à $+6$ volts par rapport au filament, j'ai enregistré nettement sur une plaque Lumière, étiquette violette, exposée pendant 20 heures, une radiation de longueur d'onde comprise entre 2300 Å et 2100 Å.

Cette radiation pouvant être due à la luminescence d'une trace de gaz ou à l'illumination de la surface de la plaque par la lumière provenant du filament et réfléchie par le cylindre de molybdène et les parois du tube, j'ai recommencé une expérience de même durée dans des conditions exactement analogues, avec cette seule différence que l'anode de platine était isolée et ne recevait, par conséquent, aucun courant électronique. Aucune radiation n'a pu être décelée dans ces conditions.

Il semble donc bien que la radiation ultraviolette mise en évidence dans la première expérience est due à l'excitation des atomes du métal par les chocs électroniques. De nouvelles expériences en vue d'analyser les radiations produites et d'essayer de déceler les radiations caractéristiques du métal sont actuellement en préparation.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Propriétés magnétiques du radical carbonyle.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'oxygène est le seul constituant dont les propriétés magnétiques naturelles ne se retrouvent pas, plus ou moins altérées, en combinaisons organiques. Son paramagnétisme fait généralement place à un diamagnétisme certain, et la part contributive de l'atome d'oxygène dans la susceptibilité moléculaire varie d'une façon inattendue, non seulement avec le mode de liaison auxquelles conduisent les formules développées actuelles, mais encore avec la nature des groupes voisins de la fonction oxygénée.

Jusqu'ici, nos travaux avaient conduit à attribuer à l'oxygène simplement lié une susceptibilité atomique constante égale à -46.10^{-7}, mais l'oxygène du groupe carbonyle paraissait prendre des susceptibilités variables avec chaque type de corps et sans relations les unes avec les autres. Paramagnétique dans les aldéhydes et les cétones, il paraissait très irrégulièrement diamagnétique dans tous les autres corps où il voisinait avec un élément à affinités résiduelles, comme l'oxygène ou l'azote. Une étude détaillée des amides, des urées, des carbamates, nous a permis de découvrir des régularités remarquables qui apparaîtront à l'examen du tableau ci-dessous, dans lequel nous donnons le module relatif au groupe CO :

	Observé.	Calculé.	
Dans les aldéhydes...	$-42,5.10^{-7}$		
» les amides.....	-75	$-(42,5+32,5)$	$=-75$
» les acides.....	$-93,5$	$-(42,5+51)$	$=-93,5$
» l'urée........	$-107,5$	$-(42,5+2\times 32,5)$	$=-107,5$
» les carbamates.	$-128,5$	$-(42,5+32,5+51)$	$=-126$
» les carbonates.	-130	$-(42,5+51+36,5)$	$=-130$

Contrairement à nos formules développées qui attribuent au groupe CO une configuration uniforme dans tous ces dérivés, en dépit de leurs propriétés chimiques si différentes, l'analyse magnétique permet de fixer un module variable, par la majoration du diamagnétisme du radical carbonyle des aldéhydes égale à

$-32,5.10^{-7}$ pour chaque groupe NH^2 fixé au radical ;

-51.10^{-7} pour le premier oxygène simplement lié ;

$-36,5$ pour le second oxygène.

L'accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs est alors aussi bon qu'on peut le souhaiter.

Mais tout cela suppose que l'azote des groupes amino ne soit pas lui-même substitué. Des déterminations faites en effet sur de nombreuses urées et des carbamates substitués ont donné pour la part contributive du groupe CO les valeurs suivantes au facteur -10^{-7} près :

Urée................	$-107,5$	Urée..................	$-107,5$
Méthylurée..........	-76	Phénylurée [1].........	-160
Tétréthylurée........	$+69$	*a*-*b*-Diphénylurée......	-195
Carbamates..........	$-128,5$	*a*-Méthyl-*b*-phénylurée..	$-164,5$
Ethylcarbamates......	-37	*a*-*a*-Diéthyl-*b*-phénylurée	-139
Diéthylcarbamates.....	-41	Biuret................	$-124,5$
Phénylcarbamates.....	-120		

[1] On notera que l'accumulation de radicaux aromatiques sur le même azote fait interférer en partie leur action. Ainsi, la triphénylurée donne pour CO le nombre $-82,5.10^{-7}$.

En résumé, l'exaltation diamagnétique provoquée par l'azote est encore accentuée quand il est substitué par un radical négatif, elle est nettement atténuée par la substitution de radicaux positifs. Les composés à oxygène doublement lié cessent donc de constituer des anomalies irréductibles dans les lois d'additivité du diamagnétisme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *A propos des alliages fer-sulfure de fer.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Ces alliages ont été déjà l'objet d'un grand nombre de recherches, notamment de la part de MM. Henry Le Chatelier et Ziégler, Treitschke et Tammann, Friedrich, Baykoff et Troutneff, et Guetler.

D'après certaines de ces études, le fer et son sulfure seraient miscibles à l'état liquide en toutes proportions. D'après d'autres, au contraire, ces corps fondus ensemble donneraient naissance à deux phases liquides superposées par ordre de densités. Suivant Treitschke et Tammann, la couche supérieure est riche en soufre. Elle en contient 29,12 pour 100. La couche inférieure est riche en fer et ne renferme que 2,54 pour 100 de soufre (¹).

On trouvera ci-dessous les résultats de mes recherches :

Fer électrolytique et sulfure de fer à 30 pour 100 de soufre. — Aucun des nombreux mélanges de ces deux corps que j'ai fondus dans des creusets en terre réfractaire, sous une couche de silicate de soude (par conséquent à l'abri de l'oxydation et de la carburation), ne m'ont révélé, après la solidification, l'existence des couches. Voici, à titre d'exemple, les résultats de trois expériences :

	Mélanges fondus			Teneur en soufre pour 100 après la fusion.	
	Proportions pour 100.		Teneur en S calculée pour 100.		
	Fe.	FeS.		Partie supérieure.	Partie inférieure.
I............	33	67	20	20,8	19,4
II...........	50	50	15	15,2	14,1
III..........	67	33	9,9	8,4	7,6

On voit que non seulement, ces alliages ne donnent pas lieu à la formation de deux couches liquides, mais que la ségrégation (séparation au moment de la solidification) à l'intérieur du métal est même tout à fait faible.

(¹) *Zts. anorg. Chem.*, 49, 1906, p. 320.

Action du carbone. — Les choses se passent autrement, si la fusion des mélanges Fe-FeS est opérée dans des creusets en plombagine, sous une couche de silicate de soude et à des températures voisines de 1600°.

Tous les mélanges à teneur moyenne en soufre, comprise approximativement entre 22 et 8 pour 100, se séparent à l'état liquide en deux phases de composition différente et visibles soit à l'œil nu, soit à la loupe.

Les résultats ci-dessous se rapportent aux trois culots précédents qui, une fois analysés et photographiés, ont été refondus dans des creusets en plombagine.

	Teneurs en soufre pour 100.	
	Couche supérieure.	Couche inférieure.
I	22,4	7,6
II	21,7	6,5
III	23,1	4,6

La teneur en S des couches supérieures varie peu, celle des couches inférieures proportionnellement beaucoup plus. Les teneurs extrêmes en S constatées dans les couches inférieures sont 4,2 et 7,9 pour 100 correspondant aux teneurs en carbone 2,4 et 1,3 pour 100. Il semble donc que la quantité de soufre retenue par la couche inférieure soit une fonction de sa teneur en carbone, laquelle varie d'ailleurs d'une expérience à l'antre, suivant la température et la durée de chauffe (10 à 20 minutes à 1600° environ).

Aux températures 1350-1400°, même après une heure de chauffe, je n'ai pu obtenir la séparation.

Le rapport des épaisseurs des deux couches dépend de la teneur en S du mélange fondu. Au fur et à mesure que cette teneur diminue, l'épaisseur de la couche supérieure diminue aussi. Ainsi dans le culot III la couche supérieure se réduit à une mince pellicule, d'ailleurs bien visible à la loupe.

Action de l'oxygène. — En fondant les mélanges Fe-FeS dans des creusets en terre réfractaire, mais sans silicate, c'est-à-dire en oxydant le métal, je n'ai constaté dans les culots que de fortes ségrégations. Les teneurs extrêmes en S sont 21,10 dans le bas du culot et 10,3 pour 100 dans la partie centrale.

Action du cuivre. — L'addition de Cu aux alliages Fe-FeS produit tout d'abord une forte ségrégation. Quand la teneur en Cu dépasse 3 pour 100, il y a formation de deux couches, la couche supérieure entrant dans la catégorie des alliages dénommés mattes de cuivre.

Conclusions. — Aucun mélange de Fe-FeS fondu à l'abri des corps étrangers ne donne lieu à la formation de deux phases liquides.

Si la fusion est opérée en présence de certains corps en proportions variables on obtient, soit des métaux fortement hétérogènes, soit des doubles couches. Dans ce dernier cas, l'action du carbone est des plus intéressantes, car il produit un véritable déplacement de soufre dans ses alliages avec le fer. Il y a lieu de rapprocher ce fait d'un autre bien connu des aciéristes et dont la raison échappait jusqu'à présent : la désulfuration d'un acier par une scorie basique ne peut s'effectuer qu'en présence de carbone, introduit au préalable dans le métal fondu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déterminations de la vie moyenne dans l'état activé des molécules fluorescentes.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Dans une Note antérieure ([1]) sur la polarisation de la fluorescence, j'ai utilisé à tort, comme définition du taux de polarisation, l'expression

$$p = \frac{I_z - I_y}{I_z},$$

ce qui m'avait conduit à la formule

$$p = \frac{1}{4}\,\frac{\eta}{\eta + s} \qquad \text{avec} \qquad s = \frac{5}{6}\,\frac{RT}{V}\,\tau$$

$\left(\tau\right.$ étant la vie moyenne dans l'état activé, et $V = N\frac{4}{3}\pi r^3$ le volume réellement occupé dans la solution par une molécule-gramme du corps fluorescent$\left.\right)$.

En reprenant la définition correcte du taux de polarisation

$$p = \frac{I_z - I_y}{I_z + I_y}$$

([1]) F. Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 581.

on obtient, dans l'hypothèse que j'avais faite d'un oscillateur circulaire,

$$p = \frac{1}{7} \frac{\eta}{\eta + s} \quad \text{avec} \quad s = \frac{20}{21} \frac{RT}{V} \tau,$$

la valeur limite maximum étant $\frac{1}{7}$ au lieu de $\frac{1}{4}$ (1).

II. L'expérience donnant des polarisations limites comprises entre 0,25 et 0,40, l'hypothèse d'un oscillateur circulaire est à abandonner, mais on peut démontrer, en utilisant les formules sur le mouvement brownien de rotation que j'ai données dans une Note récente (2), que la forme de la loi de variation de la polarisation en fonction de la viscosité η est générale, et que quelles que soient la nature de l'oscillateur auquel on assimile la molécule fluorescente, et la façon dont il est excité par le rayonnement incident, on doit avoir

$$p = p_0 \frac{\eta}{\eta + s} \quad \text{avec} \quad s = \left(1 - \frac{1}{3} p_0\right) \frac{RT}{V} \tau,$$

p_0 étant la polarisation qu'on observerait, toutes choses égales d'ailleurs, si le mouvement brownien de rotation n'existait pas.

La détermination expérimentale des constantes p_0 et s permet de calculer la vie moyenne τ. D'après les mesures de W. L. Lewschin on trouve ainsi $\tau = 0,16.10^{-8}$ sec pour l'érythrosine et $\tau = 0,14.10^{-8}$ sec pour le rose bengale en solution dans divers alcools.

III. Il semble que p_0 et τ sont en général indépendants de la viscosité (3), mais dépendent souvent du pouvoir diélectrique du solvant. Les variations de la vie moyenne τ sont d'ailleurs décelées par celles du pouvoir fluorescent; on a en effet vraisemblablement

$$\frac{\tau}{\tau_0} = k,$$

k étant le rendement de la fluorescence en nombre de quanta de lumière

(1) Les valeurs maximum de la polarisation (solvant infiniment visqueux) avaient déjà été données par S. J. Wawilow et W. L. Lewschin dans un Mémoire dont je n'avais pas eu connaissance, pour un oscillateur linéaire $\left(p_0 = \frac{1}{2}\right)$ et pour un oscillateur circulaire $\left(p_0 = \frac{1}{7}\right)$ (*Zeit. für Physik*, **16**, 1923, p. 135).

(2) F. PERRIN, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 514.

(3) Parmi les corps fluorescents usuels il n'y a exception que pour les rhodamines, pour lesquelles τ dépend nettement de η.

(peu différent du rendement énergétique lumineux) et τ_0 la valeur qu'aurait la vie moyenne si la seule cause de retour à l'état normal de la molécule activée était l'émission de lumière.

4° La vie moyenne théorique τ_0 peut d'autre part être évaluée indirectement, en utilisant les formules d'Einstein relatives aux probabilités de passage d'un état stationnaire à un autre. On peut en effet montrer ainsi qu'elle est reliée au pouvoir absorbant de la substance, et que l'on doit avoir approximativement

$$\frac{1}{\tau_0} = \frac{8\pi n^2}{c^2} \nu_m^2 \frac{1}{\mathfrak{N}} \int \alpha_\nu \, d\nu,$$

α_ν étant le coefficient d'absorption pour la fréquence ν d'une solution contenant $\mathfrak{N}$ molécules fluorescentes par centimètre cube et l'intégration étant étendue à toute la bande d'absorption correspondante (n indice du solvant, c vitesse de la lumière, ν_m fréquence moyenne de la fluorescence).

Cette formule appliquée à la fluorescéine en solution alcaline dans l'eau donne $\tau_0 = 0,6.10^{-8}$ sec, en accord satisfaisant avec la valeur

$$\tau = 0,4.10^{-8} \text{ sec}$$

que donnent les mesures de polarisation relatives à des solutions dans des mélanges d'eau et de glycérine. Dans ce cas $k = 0,8$ d'après S. J. Wawilow (1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation des α-glycols. Transpositions moléculaires des cétones en cétones.* Note de M. **Al. Favorsky** et M[lle] **A. Tchilingaren**, présentée par M. Charles Moureu.

Prenant en considération l'existence des radicaux libres, A. Werner a supposé qu'à la liaison simple entre deux atomes de carbone correspondent dans des cas différents des quantités différentes d'affinité, que ces atomes dépensent en cette liaison. Cette hypothèse, d'après laquelle les atomes de carbone diffèrent l'un de l'autre, du point de vue dynamique, selon leur position dans la molécule de la substance, doit être développée, et il faut admettre que les atomes de carbone, élément plastique, selon l'expression de Michael, étant différents au sens dynamique, doivent aussi posséder une

(1) S. J. Wawilow, *Zeit für Physik*, 22, 1924, p. 266.

différence qualitative quant à leur aptitude supérieure ou moyenne à s'unir avec les atomes des autres éléments, et particulièrement avec ceux de l'oxygène.

La réaction de déshydratation des α-glycols en général et des pinacones en particulier est une réaction d'oxydation et de réduction isochrone; dans les aldéhydes et les cétones qui prennent naissance, l'oxygène forme un carbonyle avec celui des deux carbones hydroxylés de l'α-glycol, qui, en raison de son état dynamique, possède qualitativement une aptitude à s'oxyder supérieure à celle de son voisin. Cette aptitude plus grande d'un atome de carbone à s'oxyder est la cause fondamentale qui produit les transpositions moléculaires, et la migration de l'hydrogène ou d'un radical n'en est que la conséquence.

Si ces considérations répondent à la réalité, il doit en résulter, pour les cétones, la possibilité de transpositions moléculaires. Les cétones qui ne se forment pas à partir des α-glycols, mais qui peuvent être obtenues autrement, doivent être instables et doivent se transformer, dans des conditions convenables, en cétones, issues des α-glycols.

Nous avons réalisé le premier cas d'une transposition semblable avec la phénylisopropylcétone, qui se transforme en méthylphénylacétone sous l'influence du chlorure de zinc :

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>CH-CO-C^6H^5 \rightarrow \left.\begin{matrix}CH^3\\C^6H^5\end{matrix}\right>CH-CO-CH^3.$$

Le mécanisme de cette transposition peut être expliqué de deux manières : 1° le carbonyle peut rester à sa place, et ce sont le phényle et le méthyle qui permutent; 2° il y a migration de l'oxygène du carbonyle au carbone voisin, et l'hydrogène et le méthyle se mettent à sa place. Dans le premier cas, on aurait le mécanisme proposé par Tiffeneau et Meerwein pour expliquer les transpositions moléculaires des α-glycols.

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>CH-CO-C^6H^5 \rightarrow \left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>\underset{|}{C}-\underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{CH}}-C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix}CH^3\diagdown\\CH^3-C\\C^6H^5\diagup\end{matrix}-C\left<\begin{matrix}O\\H\end{matrix}\right. \rightarrow \left.\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\right>\underset{|}{C}-\underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{CH}}-CH^3$$

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>CH-CO-C^6H^5 \rightarrow CH^3-\underset{|}{CH}-\underset{\underset{|}{O}}{\overset{|}{C}}\left<\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\right. \longrightarrow \left.\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\right>CH-CO-CH^3$$

Dans le second cas, il faut admettre l'intervention des éthers oxydes :

$$\begin{array}{l} \frac{CH^3}{CH^3}{>}CH - CO - C^6H^5 \rightarrow \frac{CH^3}{CH^3}{>}\underset{\diagdown O \diagup}{C - CH} - C^6H^5 \rightarrow \begin{array}{c} CH^3 \\ CH^3 - C - C{\lesssim}^{O}_{H} \\ C^6H^5 \end{array} \rightarrow \frac{CH^3}{C^6H^5}{>}\underset{\diagdown O \diagup}{C - CH} - CH^3 \\ \frac{CH^3}{CH^3}{>}CH - CO - C^6H^5 \rightarrow CH^3 - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - C}{<}^{C^6H^5}_{CH^3} \longrightarrow \frac{C^6H^5}{CH^3}{>}CH - CO - CH^3 \end{array}$$

Le dernier mécanisme, correspondant aux considérations exprimées plus haut, nous semble plus probable. On peut admettre que les aldéhydes prennent part à la transposition comme produits intermédiaires, si l'on considère la transformation de l'aldéhyde triphénylacétique en phényldésoxybenzoïne (1) et la transformation de l'aldéhyde triméthylacétique, au moment de sa formation, en méthylisopropylcétone (2).

La phénylisopropylcétone, obtenue par l'oxydation chromique du phénylisopropylcarbinol (éb. à 91°,5-92°,5 sous 10^{mm},5, semi-carbazone fus. à 167°-168°), fut introduite par gouttes dans un ballon, contenant du chlorure de zinc, et chauffée au bain métallique à 350°-360°. Des produits de la réaction on a retiré, pour 45^g de phénylisopropylcétone, 17^g d'une fraction distillante à 88°,5-89°,5 sous 10^{mm},5 (semi-carbazone fus. à 171°-172°, correspondante à la méthylphénylacétone (3).

15^g de cette fraction furent oxydés par une solution aqueuse d'acide chromique et de bisulfate de potasse. Les produits neutres, distillés sous 10^{mm},5, ont donné les fractions suivantes : I. 77°,5-82°, 1^g; II. 82°-83°, 1^g,6; III. 85°-87°,5, 2^g; IV. 88°,5-89°,5, 8^g. La deuxième fraction a donné une semi-carbazone (p. f. 198°-200°) correspondante à l'acétophénone.

L'étude des autres cétones est poursuivie.

---

(1) S. Daniloff, *Journ. Soc. phys. chim. R.*, 51, 1920, p. 126; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 36, 1924, p. 1706.

(2) Schindler, *Monatshefte f. Chem.*, 3, 1892, p. 647. — Samec, *Ann. de Lieb.*, 351, 1907, p. 260.

(3) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 10, 1907, p. 363.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques composés cis-éthyléniques.*
Note de MM. **M. Bourguel** et **J. Yvon**, présentée par M. Moureu.

Dans une Note précédente (¹), l'un de nous a montré que la semi-réduction de composés acétyléniques par voie catalytique, à l'aide d'un palladium colloïdal, conduisait, dans les cas étudiés, à la formation du seul composé cis-éthylénique.

Le palladium employé était déposé sur un support aussi neutre que possible : l'amidon, et les exemples choisis : le tolane conduisant à l'isostilbène, l'acide tétrolique à l'acide isocrotonique, l'acide acétylène-dicarbonique à l'acide maléique, enfin l'acide phénylpropiolique aux différents acides allo ou iso-cinnamiques.

Nous pensons qu'il doit toujours en être ainsi. Mais nous ne pouvions songer à augmenter indéfiniment la liste des exemples, car les complexes bien connus d'isomères, de la forme $R - CH = CH - R'$, sont peu nombreux. Nous eûmes alors recours à la vérification des hypothèses suivantes :

Puisqu'il est généralement admis que les composés *trans* sont plus stables que les composés *cis*, et que d'autre part les synthèses chimiques conduisent presque toujours aux composés *trans*, il était naturel de penser que, lorsque l'on ne connaît qu'un seul éthylénique de formule donnée, il est de constitution *trans*.

Si cette première hypothèse se vérifie et si, de plus, le catalyseur réalise bien la cis-addition, l'hydrogénation de l'acétylénique correspondant conduira à un isomère différent du composé connu jusqu'ici. L'expérience a bien donné ce résultat escompté.

L'hydrogénation des acides 1-butine et 1-pentine-carbonique

$$C^2H^5 - C \equiv C - CO^2H, \quad C^3H^7 - C \equiv C - CO^2H$$

a donné des acides 1-butène et 1-pentène-carbonique isomères des acides

$$C^2H^5 - CH = CH - CO^2H \quad \text{et} \quad C^3H^7 - CH = CH - CO^2H$$

déjà connus, mais très nettement distincts. De même l'hydrogénation de l'alcool phénylpropiolique $C^6H^5 - C \equiv C - CH^2OH$ nous a donné un alcool nettement différent de l'alcool cinnamique ordinaire : un alcool isocinnamique.

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1753.

On pouvait bien penser avec Auwers [1] que les acides connus 1-butène-carbonique (Eb. 200° environ — 105° sous 15mm) et 1-pentène-carbonique (Eb. 217°) étaient de constitution *trans*. Ils sont en effet préparés par l'acide malonique et les aldéhydes correspondantes; or cette synthèse appliquée au terme inférieur ne donne que l'acide crotonique (*trans*).

Les acides obtenus par hydrogénation bouillent : l'acide 1-butène-carbonique à 88°-88°,5 sous 15mm ou à 184-185° sous 760mm; l'acide 1-pentène-carbonique à 101°,5-102°,5 sous 15mm ou 201°-202° sous 760mm. Ce sont donc des isomères nettement distincts. L'isomérie est certainement d'ordre géométrique, car Auwers a vérifié la place de la double liaison des premiers; quant à celle des derniers elle ne peut être mise en doute.

Enfin, la progression des points d'ébullition des acides dus à la synthèse malonique : en C^4 (acide crotonique), 181°; en C^5, 200° environ; en C^6, 217°, comparée à la progression des mêmes points pour l'acide isocrotonique et nos acides : en C^4, 169°; en C^5, 184°,5; en C^6, 201°,5, montre que nos acides sont bien les homologues supérieurs de l'acide isocrotonique (*cis*). Nous avons de même obtenu un alcool allocinnamique distinct de l'alcool cinnamique ordinaire (du styrax). Alors que cet alcool fond à 32°, bout à 142°-144° sous 14mm, le produit de l'hydrogénation de l'alcool phénylpropiolique bout à 125°,5 sous 13mm, il reste liquide même à — 20° et, agité à cette température avec des cristaux d'alcool du styrax, non seulement il ne cristallise pas, mais il dissout ces cristaux. C'est donc un isomère nettement différent de l'alcool ordinaire.

Par une curieuse coïncidence, la phényluréthane fond à très peu de chose près au même point que celle qui est déjà connue : 89°,5 au lieu de 90°,5-91°. Les deux uréthanes sont toutefois distinctes car leur mélange intime fond mal et beaucoup plus bas : 60°-70°. Les odeurs des deux alcools cinnamiques sont nettement différentes.

En résumé, nous n'hésitons pas à affirmer que ces nouveaux acides 1-butènecarbonique, 1-pentènecarbonique, et ce nouvel alcool allocinnamique sont de constitution *cis*. Ce qui confirme, en outre, la règle de cis-addition que l'un de nous avait énoncée pour la demi-réduction des acétyléniques. De plus, nous avons ainsi une méthode de préparation des composés cis-éthyléniques dont nous espérons confirmer la généralité.

---

(1) AUWERS, *Liebigs Annalen*, 46, 1923, p. 432.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la bordure méridionale du bassin de l'Èbre et des montagnes du littoral méditerranéen entre Tortosa et Castellon* (*Espagne*). Note [1] de MM. **P. Fallot** et **R. Bataller**, présentée par M. Pierre Termier.

Les cartes géologiques indiquent entre la basse vallée de l'Èbre, Téruel et Castellon, une surface occupée par du Crétacé inférieur, où aucune ligne structurale n'apparaît. Nous avons tenté, dans une excursion commune, d'y définir la direction et l'allure des plissements et de préciser leurs relations avec ceux qui ont été étudiés par M. Bataller [2] dans la Catalogne méridionale et par M. Joly dans la chaîne celtibérique.

Les résultats de ces recherches, en ce qui concerne le nord-est et l'est du domaine étudié, peuvent être résumés comme suit.

I. *Rive droite du cours inférieur de l'Èbre.* — Les couches urgoniennes et jurassiques de la région de Tortosa forment, sur la rive gauche du fleuve, un large anticlinal axé SW-NE, parallèlement au littoral, et dont le flanc nord-ouest est rompu, à hauteur de Cardó, par des failles obliques parallèles, en un dispositif asymétrique poussé vers le Nord-Ouest [3]. Cette allure persiste en partie sur l'autre rive. Les sierras de Montsia, de Caro et de Valdancha forment en bordure de la mer et sur une largeur de 30 à 40^{km}, un vaste massif crétacé, dans la partie sud-ouest duquel Landerer avait pris le type de son étage « tenencico » ou « urgo-aptien ». Ce Crétacé, pendant au Sud-Est, forme le flanc sud-est de l'anticlinal du massif de Beceite, et s'élève jusqu'aux crêtes de l'Encanadé et du M. Caro [4]. Il y repose sur le Jurassique qui constitue la majeure partie des montagnes des Puertos de Beceite. Le Lias à Brachiopodes et Bélemnites et le Trias du noyau de ce pli sont visibles au bas du versant dominant la vallée de l'Èbre, dans le barranco de la Cervera, par exemple.

---

(1) Séance du 7 décembre 1925.

(2) J.-R. Bataller, *El Jurasico de la Provincia de Tarragona* (*Trabajos del Museo Nacional de Ciencias naturales*, *Ser. Geol.*, n° 29, 1922, p. 1-118).

(3) Faura y Sans, Fallot et Bataller, *Observations au sujet de la stratigraphie des terrains jurassiques de la Sierra de Cardo* (*Bulleti Institucio catalana de Historia natural*, 1, Barcelona, 1921, p. 118 à 130).

(4) Voir Carte d'état-major espagnole au 1/200000; feuilles **37**, **38**, **47**, **49**.

La large voûte de l'anticlinal de Beceite est affectée d'accidents de détail, axés comme elle du Sud-Ouest au Nord-Est — notamment, entre le col de Beceite et la Mola de Tortosa, d'un pli brusque, passant peut-être au pli-faille.

L'Urgonien se retrouve dans la partie nord-ouest du massif de Beceite où il est conservé dans un synclinal (les barrancos de Guera et de Marrades y sont taillés) auquel succède un anticlinal plus accentué et plus étroit. Celui-ci est légèrement refoulé sur le Tertiaire du synclinal du village de Beceite, qui lui fait suite au Nord-Ouest. Le contact anormal a lieu, selon les points, soit par un pli rompu (Herradura), soit par un véritable chevauchement localisé, où la surface de chevauchement est inclinée de 25 à 30° au Sud-Est (vallée du rio Matarraña, en amont de Beceite).

Le Tertiaire plissé dans le synclinal est formé de conglomérats puissants, coupés de niveaux terreux roux. Nous désignerons ici ce Tertiaire antérieur aux plissements sous le nom de *Tertiaire ancien*.

Celui de Beceite est séparé du Bassin tertiaire de l'Èbre par un dernier anticlinal que le rio Matarraña traverse en cluse. Le Bajocien fossilifère et le Lias, reposant sur des dolomies, y dessinent un pli très asymétrique déjeté vers le Nord-Ouest, dont le contact tectonique avec le Tertiaire ancien est masqué par les dépôts horizontaux de la plaine de Valderrobres (bord Sud du bassin de l'Èbre) postérieurs aux plissements, constituant l'ensemble que nons nommerons *Tertiaire récent*.

II. *Région littorale entre l'Èbre et le rio Mijares.* — Au sud-ouest de la coupe transversale que nous venons de décrire, un ennoyage des axes vers le Sud-Ouest fait disparaître le Jurassique sous le Crétacé inférieur qui constitue toutes les montagnes de Morella à Castellon de la Plana. Les accidents, conservant la même orientation NE-SW, se poursuivent le long du littoral jusqu'au rio Mijares sous forme de plis peu accentués. Leur extension en largeur ne dépasse pas la ligne Albocàcer, Ares, Vistabella, Tosal de Horcas, Cabezo de la Cruz, hauteurs sud-ouest de Linares de Mora, au nord-ouest de laquelle se dessine un système de plis dirigés du Sud-Est au Nord-Ouest.

III. *Massif d'Alcorisa.* — Au nord-ouest de Beceite, un petit massif émerge de la plaine de l'Èbre et s'allonge de l'Ouest à l'Est, sur environ 35^{km} de long, au sud de la ligne Alcorisa-Calanda.

Plus complexe que ne l'indiquent les cartes géologiques, il nous a paru formé d'un faisceau de plis asymétriques affectant le Trias supérieur, le Lias, le Jurassique supérieur, l'Urgonien et le Tertiaire ancien, et parais-

sant poussés du Sud au Nord. Le Tertiaire récent, horizontal, recouvre partiellement le Tertiaire ancien plissé et, transgressif sur les plis érodés, pénètre dans le massif entre Alcorisa et Torre Valdemon.

Ce dispositif observé sur une coupe selon le méridien d'Alcorisa paraît se poursuivre vers l'Est, dans tout le chaînon.

Vers l'Ouest, entre Alcorisa et Gargallo, les accidents subissent une torsion et prennent l'orientation NW-SE qui est celle des plis de la bordure est de la Meseta. Les terrains qu'ils affectent ici sont le Tertiaire ancien et le Crétacé inférieur continental rutilant qui comporte des lits charbonneux de plus en plus riches en combustible, au fur et à mesure que l'on s'approche du bassin classique d'Utrillas, distant de 35^{km} à l'Ouest.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement à l'Ouest de la zone de dislocation de Boussac (Creuse).* Note de MM. G. **Mouret** et E. **Raguin**, présentée par M. Pierre Termier.

L'un de nous a signalé, en 1924, l'existence dans le nord du département de la Creuse d'une zone de roches écrasées ou laminées, zone dirigée OSO à ENE. Cette zone, que recoupe en plusieurs points la vallée sinueuse de la Petite-Creuse, a été reconnue sur 20^{km} de longueur, de Boussac au Pont-du-Gat, sur la route de Guéret à La Châtre [1].

Dans une exploration commune faite récemment (mai-juin 1925), nous venons de constater que, conformément aux prévisions, la zone en question se prolonge au delà du Pont-du-Gat, vers l'Ouest, toujours dans la même direction, légèrement oblique à celle de la chaîne de granulite qui limite, au Nord, le massif granitique de Guéret et y envoie de longues apophyses.

La région très couverte des environs de Bonnat ne révèle le passage de la zone que par de rares indices de dislocation et par le laminage de la granulite, mais la zone apparaît avec évidence à 10^{km} du Pont-du-Gat, à Combrand, près du bourg d'Hem. En ce point affleurent des amphibolites écrasées. La bande disloquée se trouve donc là à cheval sur la granulite et sur l'amas basique qui s'allonge au pied de cette chaîne.

A partir de Combrand, la situation de la zone ne change pas et elle se

(1) G. Mouret, *Sur la Géologie du plateau d'Aigurande* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1415).

poursuit toujours dans la même direction. On retrouve, en effet, de place en place, le long des granulites toujours laminées ou gneissiques sur une grande épaisseur ([1]), des amas de mylonites bien caractérisées (sud de Saint-Sulpice-le-Dunois, sud de Dun-le-Palleteau, Les Valettes, Le Ris, Colondanne et Saint-Léger-Bridereix). Quelques-uns de ces affleurements avaient été déjà observés par Mallard et attribués par lui au *terrain de transition* ([2]).

Au delà de Saint-Léger-Bridereix, la chaîne de granulite dessine un crochet aigu qui la reporte de 2^{km} vers le Sud, et sa largeur, qui est de 2^{km} à l'Est, se réduit de moitié. La zone de dislocation participe à ce déplacement déjà reconnu par Mallard ([3]), mais qui n'est pas figuré sur la feuille géologique d'Aigurande. Elle reste soudée à la chaîne dont le pied est occupé par une traînée continue de mylonites typiques, et s'étend, de même que ces mylonites, jusqu'au décrochement de Vareilles signalé par l'un de nous en 1923 ([4]). Elle bute contre ce décrochement dirigé du Sud-Ouest au Nord-Est, et dont le déplacement atteint presque 4^{km}.

Des explorations plus récentes (août 1925) ont permis à l'un de nous (G. Mouret) de constater que la zone de dislocation de Boussac se prolonge également à l'est de Boussac, jusqu'à la vallée du Cher. On observe notamment des roches écrasées et disloquées à Leyrat, à la Croix (au nord d'Archignat), et au sud des Barchaux sur la route d'Huriel à La Chapelande. Masquées par les dépôts oligocènes et les alluvions anciennes des environs de Montluçon, la zone reparaît sur la rive gauche du Cher, dans la tranchée granitique du chemin de fer de Montluçon à Paris, au sud de la station des Trilliers. Elles viennent, toujours dans la direction ENE, se heurter au massif de granite d'Hérisson orienté suivant le méridien.

En résumé, dans sa partie reconnue, la zone de dislocation de Boussac s'étend du décrochement de Vareilles à l'Ouest jusqu'à la vallée du Cher à l'Est, sur une longueur de 70^{km}. Les dislocations sont surtout apparentes dans la moitié occidentale et c'est là que les mylonites acquièrent leur plus grand développement. Le prolongement des terrains disloqués est dirigé

([1]) L. de Launay (*Notice de la Feuille d'Aigurande*, 1893) a jadis appelé l'attention sur les quartz étirés et le faciès gneissique de certaines parties de la chaîne de granulite.

([2]) E. Mallard, *Journal de voyage* (*Mémoires de la Société des Sciences naturelles et archéologiques de la Creuse*, 22, 1922, p. 43).

([3]) E. Mallard, *Carte géologique* (*inédite*) *au* $\frac{1}{80000}$ *du département de la Creuse* (*Archives de la Préfecture de la Creuse*).

([4]) G. Mouret, *Bull. des Serv. de la Carte Géol.*, 28, 1924, p. 146.

vers le Sud, mais rien encore ne permet de se faire une idée de la nature et de l'amplitude des mouvements qui ont provoqué la dislocation et qui datent probablement d'une époque antérieure au Stéphanien.

Par son étendue, la zone de Boussac est l'une des plus importantes de celles qui découpent la partie du massif Central située à l'ouest du grand sillon houiller. Elle laisse au Sud les granites à biotite des environs d'Huriel, lesquels font entièrement défaut dans le plateau d'Aigurande, occupé surtout par des schistes cristallins au sein desquels se sont développés quelques vastes amas de granite à mica blanc. Elle forme la limite nord du grand massif granitique de Guéret avec sa ceinture septentrionale de granulite.

HYDRAULIQUE. — *Sur un captage d'eau minérale par la méthode dite des pressions hydrostatiques réciproques* [1]. Note [2] de M. **Rey**, présentée par M. Louis de Launay.

Cette méthode de captage, exposée par François de Neufchateau en 1839, puis par M. de Launay dans son ouvrage en 1899 [3], a déjà reçu la consécration de la pratique, à Ussat, Lamalou, La Motte, Pfaefers, Enghien, Bagnères-de-Luchon. Le procédé exposé ci-dessous réalise un perfectionnement en ce qu'il conduit à l'abri de l'air l'eau captée jusqu'à son utilisation, assure la stabilisation de ce produit particulièrement instable qu'est l'eau minérale naturelle sulfureuse et permet d'obtenir l'eau vivante avec ses colloïdes intacts. L'intérêt est général, car le procédé est applicable à toutes les sources sulfureuses.

A Challes-les-Eaux (Savoie), l'eau sulfureuse vient sourdre dans un puits en ciment intimement soudé et élevé sur la roche. Ce puits carré, de 2^m de hauteur, a $1^m,50$ de côté. Sur le fond, avec l'eau sulfureuse émerge ou jaillit de l'eau ordinaire non minérale.

Au cours des 50 dernières années écoulées, à l'aide d'entonnoirs de verre renversés, on a coiffé ces émergences non sulfureuses pour les conduire par des tubes de cristal à l'extérieur du puits, de façon à ne conserver au fond

(1) Séance du 4 janvier 1926.

(2) Cette expression étant consacrée dans l'usage courant depuis un siècle, nous ne croyons pas, malgré sa bizarrerie, devoir la modifier.

(3) *Recherche, captage et aménagement des sources thermominérales* (Paris, Béranger; in-8°).

de celui-ci que les suintements sulfureux et cette partie des émergences non sulfureuses qui, venant en nappe par suintement, ne peuvent être extériorisées.

Dans ces conditions le débit de l'eau non sulfureuse est plus considérable que celui de l'eau minérale et, par un phénomène connu en hydraulique thermale, si la masse est laissée au repos, ces deux liquides, différents par leur densité (1,007 pour l'eau sulfureuse, 1,0007 pour l'eau non sulfureuse) se superposent en deux masses dont les hauteurs sont déterminées par leurs densités et leurs pressions propres (ou, suivant l'expression de François, réciproques), mais qui ne se mélangent pas.

En outre, ce puits, construit dans un marais au sein d'une nappe d'eaux d'infiltrations et de ruissellements dont le niveau supérieur est à $5^m,50$ du fond du puits, se trouve pour son contenu subir la poussée de pression des eaux d'infiltrations environnantes. En résumé, il y a là équilibre de deux vases communicants, l'un formé par le puits où la pression est faite de deux colonnes superposées d'eau sulfureuse et d'eau non sulfureuse, l'autre de la colonne des eaux du marais.

Par le calcul d'abord en partant de la détermination des densités des liquides et de leurs pressions propres, puis par des tâtonnements expérimentaux, on a établi les hauteurs respectives nécessaires des colonnes liquides et voici la réalisation pratique.

La masse d'eau périphérique du marais présentait la hauteur la plus grande et devait être conservée comme force, soit pour amener l'eau sulfureuse, soit pour combattre la poussée d'eau non sulfureuse, artésienne, qui s'opposait à l'arrivée de l'eau sulfureuse. Elle a été réglée par des revêtements importants de béton, de ciment et de ciment armé et par l'épuisement intermittent ou continu.

La masse d'eau à l'intérieur du puits, faite de l'eau sulfureuse et de l'eau artésienne non sulfureuse (différente de celle du marais par l'analyse), a été réglée par la méthode des surcharges liquides comme il suit. Par des tâtonnements patients, sans cesse contrôlés par le calcul et les données de la sonde de profondeur, on a établi, sur la masse de l'eau sulfureuse, une surcharge liquide faite de l'eau non sulfureuse qui naît avec elle, et le niveau de séparation des deux masses a été réglé par la hauteur elle-même de l'eau non sulfureuse qui couvre l'eau sulfureuse. Pour cela, partie de cette eau non sulfureuse a été extériorisée, partie a été laissée libre en suintement au fond du puits et enfin une troisième partie, et c'est ici le point tout particulier, après avoir été extériorisée, a été ramenée à la surface même de la

couche la plus élevée du puits, et son débit empiriquement réglé a permis de stabiliser à une hauteur constante le niveau de séparation des deux masses d'eau dans le puits, de manière à déterminer le maximum de débit de l'eau sulfureuse. Accessoirement, l'épuisement de l'eau du marais à l'extérieur du puits de captage est lui-même réglé de façon à maintenir ce niveau à la hauteur la plus favorable. En résumé, c'est l'eau non sulfureuse qui, naissant avec l'eau sulfureuse, est utilisée pour obtenir un captage parfait. Le réglage de l'épuisement des eaux périphériques n'est qu'un moyen accessoire mis en œuvre selon le régime des pluies. Ainsi une infiltration d'eau étrangère non minérale a été utilisée pour assurer la permanence d'une source minérale, alors que ces circonstances sont généralement la ruine des débits minéraux. En cette application la méthode est d'intérêt général.

Enfin, à l'aide d'une pompe à membrane, la succion permanente de la couche minérale est assurée et l'amenée à l'embouteillage ou aux utilisations thermales de l'établissement se fait à l'abri de l'air.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les variations de l'ozone de la haute atmosphère.* Note de MM. **H. Buisson** et **C. Jausseran**, présentée par M. A. Cotton.

Dans un travail paru en 1921 [1], Fabry et Buisson ont montré que la limitation du spectre solaire du côté des petites longueurs d'onde devait être attribuée à l'absorption qu'exerce l'ozone dans cette région, et qu'il était possible d'évaluer la quantité totale de ce gaz, dont la présence s'explique par l'action du rayonnement ultraviolet extrême du soleil sur l'oxgène.

Cette quantité s'exprime par l'épaisseur, en centimètres, d'ozone pur, à la pression atmosphérique normale; elle est en moyenne de $0^{cm},3$. Il résultait de plus, de mesures faites sur plusieurs jours, que cette épaisseur subissait des variations notables et le souhait était exprimé que ces variations puissent être observées d'une manière continue.

Grâce à une subvention de la Smithsonian Institution, nous avons pu entreprendre de telles observations pendant les mois d'août et septembre 1925. Elles se sont faites à Digne, altitude 600^m environ, dans de bonnes conditions de pureté atmosphérique. Le dispositif expérimental est le même que celui qui a été décrit antérieurement [2]. Un premier spec-

---

[1] *Journal de Physique*, 6e série, 2, 1921, p. 197.

[2] Fabry et Buisson, *loc. cit.*

troscope, à optique de quartz, fournit une région du spectre entre 3150 et 2900, qui est reprise par un second spectroscope également en quartz, dispersant à angle droit du premier, de manière à éliminer la lumière étrangère à la région considérée qui y est amenée par diffusion. Une observation est faite chaque jour, à midi, et consiste en plusieurs poses sur des clichés différents, afin de se mettre à l'abri des irrégularités des plaques photographiques. On mesure ensuite au microphotomètre le noircissement pour diverses longueurs d'onde et l'on en déduit l'intensité lumineuse agissante, grâce à une graduation convenable de la plaque. De la comparaison, d'un jour à l'autre, des intensités relatives des diverses longueurs d'onde, qui seraient constantes si l'absorption ne variait pas, on déduit les variations de cette absorption et, par suite, celles de l'épaisseur d'ozone absorbant.

Le tableau suivant résume, pour tous les jours où les observations furent possibles, les résultats obtenus. Il indique, à partir d'un jour pris comme terme de comparaison (26 juillet), en centièmes de millimètre, les variations de la quantité d'ozone. On voit qu'en comparant les valeurs extrêmes, on constate des différences de $0^{mm},45$, soit d'environ 15 pour 100 de la quantité moyenne.

Juillet	24....	−14	Août	10....	−27	Septembre	1....	−34
»	25....	+ 9	»	13....	−14	»	2....	−30
»	26....	0	»	14....	−22	»	3....	−26
»	27....	0	»	15....	−25	»	4....	−16
»	28....	− 6	»	16....	−23	»	5....	−35
»	29....	−22	»	17....	−23	»	6....	−16
»	30....	− 5	»	18....	−30	»	7....	−24
»	31....	− 8	»	19....	−17	»	8....	−27
Août	1....	− 3	»	20....	−15	»	9....	−21
»	2....	− 3	»	21....	−16	»	14....	− 6
»	3....	−21	»	23....	−21	»	15....	− 8
»	4....	−35	»	27....	−39	»	16....	−12
»	5....	−27	»	28....	−33	»	18....	−36
»	6....	−26	»	29....	−30	»	24....	−13
»	7....	−25	»	30....	−34	»	25....	− 7
»	8....	−26	»	31....	−27	»	27....	−31
»	9....	−23				»	28....	− 9
						»	29....	−19

On a, en outre, fait quelques déterminations, en quelque sorte absolues, de l'épaisseur d'ozone, en suivant l'absorption en fonction de la hauteur du Soleil. Elles confirment la valeur moyenne $0^{cm},300$ obtenue en 1920, et

présentent entre elles, d'un jour à l'autre, les mêmes écarts que ceux que donne l'observation différentielle.

Il ne nous a pas semblé possible de relier les changements de l'épaisseur d'ozone aux conditions atmosphériques; en particulier, la pression barométrique locale, dont les variations ont d'ailleurs été faibles pendant cette période, nous a paru sans influence.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le bassin de la Loire.* Note de M. E. TABESSE, présentée par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures font suite à celles que nous avions entreprises en 1923 et 1924. Elles ont été effectuées au cours du printemps et de l'été 1925 dans les départements de l'Indre, Indre-et-Loire et Maine-et-Loire. Les stations qui nous avaient été désignées par M. Mathias, secrétaire de la sixième Section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale, sont au nombre de 41 ; dix-neuf d'entre elles font partie du réseau de Moureaux. Toutes les mesures ont été faites en double, sauf de rares exceptions.

Le Tableau suivant, dans lequel les noms des stations nouvelles sont en italique, donne les valeurs ramenées au 1er janvier 1922 :

TABLEAU DES RÉSULTATS.

Stations.	D.		I.		H.	Situation magnétique.
			Département de l'Indre.			
Aigurande-sur-Houzanne	12°	2',8	62°	38',0	0,20753	calme
Ardentes	12	2,2	62	54,9	0,20623	presque calme
Argenton-sur-Creuse	12	10,2	62	52,6	0,20701	un peu agitée
Le Blanc	12	21,3	62	52,1	0,20647	un peu agitée
Buzançais	12	17,3	63	3,8	0,20533	calme
Châteauroux	12	10,7	62	55,3	0,20582	presque calme
La Châtre I	11	0,4	62	30,2	0,20953	calme
La Châtre II	11	27,2	62	32,2	0,20929	calme
Eguzon	12	11,1	62	41,5	0,20750	un peu agitée
Issoudun	12	5,9	63	4,0	0,20507	presque calme
Levroux	12	15,2	63	6,8	0,20516	presque calme
Mers-sur-Indre	12	2,6	62	54,1	0,20668	presque calme
Neuvy-Saint-Sépulchre	12	10,3	62	41,2	0,20725	calme
Sainte-Sévère-sur-Indre	11	52,8	62	40,2	0,20762	calme

TABLEAU DES RÉSULTATS (*suite*).

Stations.	D.		I.		H.	Situation magnétique.
			Département d'Indre-et-Loire.			
Amboise	12°	35',9	63°	30',2	0,20248	calme
Châteaurenault	12	38,7	63	44,0	0,20194	agitée
Chinon	12	48,9	63	21,4	0,20397	calme
Cormery	12	34,0	63	22,3	0,20349	calme
La Haye-Descartes	12	39,5	63	14,8	0,20465	un peu agitée
Langeais	12	55,7	63	32,9	0,20282	calme
Loches	12	30,0	63	18,7	0,20413	calme
Luynes	12	47,5	63	34,8	0,20340	calme
Montlouis-sur-Loire	12	43,6	63	36,8	0,20275	un peu agitée
Montrésor	12	26,0	63	23,3	0,20405	calme
Neuillé-Pont-Pierre	12	50,8	63	42,3	0,20203	presque calme
Preuilly-sur-Claise	12	31,8	63	6,8	0,20522	agitée
Richelieu	12	50,0	63	13,3	0,20477	calme
Sainte-Maure-de-Touraine	12	43,9	63	23,1	0,20381	presque calme
Tours	12	39,9	63	32,9	0,20296	un peu agitée
			Département de Maine-et-Loire.			
Angers	13	24,4	63	45,0	0,20195	presque calme
Baugé	13	9,9	63	47,6	0,20170	un peu agitée
Chalonnes	13	22,4	63	39,6	0,20253	calme
Châteauneuf-sur-Sarthe	13	22,2	63	49,7	0,20123	calme
Chemillé	13	23,2	63	36,2	0,20292	calme
Cholet I	13	1,6	63	31,8	0,20356	calme
Cholet II	13	16,6	63	27,4	0,20405	calme
Le Louroux-Béconnais	13	24,9	63	47,3	0,20162	calme
Montreuil-Bellay	13	6,8	63	25,0	0,20379	presque calme
Montrevault	13	32,8	63	37,1	0,20273	calme
Pouancé	13	34,8	64	0,9	0,19989	presque calme
Saumur I	12	29,0	63	17,4	0,20371	un peu agitée
Saumur II	12	12,2	»	»	0,20522	calme
Segré	13	20,6	63	52,5	0,20108	presque calme
Thouarcé	13	16,1	63	30,9	0,20286	presque calme

La comparaison des résultats précédents avec ceux obtenus par Moureaux permet de calculer les variations séculaires.

Les résultats obtenus sont :

Pour 0..........	$-2°55',1$	(extrêmes $-3°1$ et $-2°51'$)
Pour 1..........	$-0°44',1$	(extrêmes $-0°49'$ et $-0°,39'$)
Pour 4..........	$+0,00231$	(extrêmes $+0\,0028$ et $+0,0017$)

en éliminant du calcul des moyennes les valeurs à Cholet et Saumur par suite de la forte anomalie magnétique constatée dans ces deux stations.

La disposition géographique des départements visités se prête mal à une étude d'ensemble de la répartition et des variations du magnétisme terrestre de la région explorée. Signalons seulement qu'il existe de fortes anomalies à Cholet, Saumur et La Châtre. Moureaux ne mentionne pas les deux premières bien que les valeurs des éléments magnétiques résultant des mesures qu'il y avait effectuées soient notablement différentes de celles qui comporterait la répartition générale de ces éléments. Ces anomalies ne paraissent pas s'étendre à une région très étendue si on les compare aux mesures faites dans les stations voisines. D'autre part, les résultats obtenus montrent qu'il serait, en général, illusoire de vouloir déduire les variations séculaires de mesures faites dans des localités présentant une anomalie locale accentuée, lorsque les emplacements ne peuvent pas être déterminés avec une grande précision. C'est ainsi qu'à Saumur la déclinaison diffère de 17 minutes entre deux points distants de 150^m et nous avons constaté une variation analogue à La Hague en 1924. Toutefois à La Châtre, où il a été possible de repérer et d'occuper à peu près exactement les deux emplacements de Moureaux, les variations séculaires obtenues paraissent très acceptables, bien que la déclinaison diffère de 27 minutes entre ces deux emplacements distants de 300^m.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le vertige de rotation.* Note (¹) de MM. **Garsaux, Malassez** et **Toussaint**, présentée par M. J.-L. Breton.

Au cours d'expériences entreprises dans le but de rechercher l'influence de la rotation sur les temps de réaction visuelle, auditive et d'équilibration, nous avons été amenés à constater des phénomènes subjectifs intéressants. Nous avons utilisé le manège dont est pourvu l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr. Le sujet était assis dans un fauteuil suspendu à l'un des bras à 8^m de l'axe de rotation,

(¹) Séance du 11 janvier 1926.

le plan sagittal du corps étant perpendiculaire au bras du manège. Le fauteuil, grâce à un système de suspension convenable, s'inclinait au cours de la rotation, de telle façon que le grand axe du corps était dirigé suivant la résultante de la force de pesanteur et de la force centrifuge.

Le sujet portait un masque opaque, le mettant à l'abri du vertige visuel. Grâce à un dispositif que nous ne décrirons pas, l'expérimentateur pouvait, au repos comme pendant le mouvement, mesurer les temps de réaction visuelle et auditive.

La vitesse périphérique maxima atteinte au cours de ces essais a été de 11^{m} à la seconde.

Nous n'avons pu mettre en évidence de différences entre les temps de réaction visuelle et auditive enregistrée au repos et pendant la rotation. Mais nous avons observé sur nous-mêmes les phénomènes subjectifs suivants :

Pendant la mise en marche de la machine, alors que la vitesse angulaire croissait, les différents sujets examinés ont perçu la même impression de s'élever dans les airs. Et inversement, pendant l'arrêt progressif de la machine, ils percevaient une impression analogue à celle d'une descente oblique vers le sol.

Tant que la vitesse angulaire de l'appareil restait constante, aucune impression particulière n'était ressentie, aucune appréciation exacte de la vitesse de rotation, aucune perception de l'inclinaison du corps.

Mais, si, pendant la rotation à vitesse constante, les sujets tournaient la tête, ils éprouvaient la sensation vertigineuse très pénible d'être entraînés vers l'extérieur si la rotation de la tête s'effectuait vers l'extérieur du cercle décrit, vers l'intérieur si la rotation de la tête s'effectuait vers l'intérieur du même cercle.

Nous avons vérifié que ces impressions ne prenaient naissance que pendant le mouvement de la tête et qu'elles ne dépendaient nullement de la position de la tête ou du corps prise primitivement par le sujet.

Elles étaient d'autant plus accusées que la vitesse de rotation de l'appareil était plus grande et que le mouvement de rotation de la tête était plus brusque.

En raison de l'importance que peuvent avoir ces impressions dans la genèse de certains accidents au cours du vol en avion, nous pensons qu'elles méritent d'être signalées. Nous avons cherché à expliquer ces phénomènes par ce que nous savons de la physiologie de l'oreille interne. Les impressions de montée ou de descente perçues pendant la mise en marche

et durant l'arrêt progressif de l'appareil nous semblent dues aux variations de pression sur les macules vestibulaires, provoquées par la résultante de la force de pesanteur et de la force centrifuge. Les impressions d'obliquité nous paraissent dues aux mouvements du liquide endolymphatique sur les crêtes ampullaires, provoqués par les variations d'accélération angulaire (¹).

Dans les expériences comportant la rotation de la tête pendant la rotation entretenue du manège, l'oreille interne est soumise aux sollicitations simultanées d'un mouvement d'entraînement circulaire (rotation manège) et d'un mouvement relatif (rotation tête). Dans ces conditions, cet organe subit une accélération centrifuge constante (accélération d'entraînement), une accélération relative très faible (rotation tête), et une accélération complémentaire dite de Coriolis. Il nous semble que les sensations vertigineuses particulières perçues au cours de ces rotations combinées sont imputables aux déplacements du liquide endolymphatique sous l'action de l'accélération complémentaire. Celle-ci est en effet proportionnelle au produit de la vitesse angulaire du manège, relativement grande, par la vitesse relative du déplacement des oreilles; or il en était de même des sensations vertigineuses.

D'autre part, le sens de l'accélération complémentaire change suivant le sens de rotation de la tête, et cela concorde avec le sens des vertiges observés.

BROMATOLOGIE. — *Procédé pour distinguer les conserves de pois secs « régénérés » des conserves de pois verts.* Note de M. **C.-F. Muttelet**, présentée par M. Lindet.

J'ai montré dans une Note précédente (²) que les trois rapports $\frac{\text{amidon}}{\text{sucres}}$, $\frac{\text{amidon}}{\text{cellulose}}$ et $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ croissent avec l'état de maturité des pois et qu'ils sont pratiquement indépendants de la variété. Je les ai proposés comme éléments d'appréciation dans l'examen des conserves de pois et notamment pour distinguer les conserves de pois verts des conserves de pois secs « régénérés » avant leur mise en boîtes.

(¹) André Broca, *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 18, 1920, p. 885.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 317.

Afin de vérifier le parti qu'on peut tirer de ces observations, j'ai soumis à l'analyse différentes conserves du commerce, en opérant suivant les procédés décrits dans ma première Note (*loc. cit.*). Les résultats obtenus sont réunis dans les Tableaux I et II.

En ce qui concerne les conserves de pois verts, l'analyse a porté sur des échantillons de pois de maturité croissante. L'examen du Tableau II montre que les rapports ci-dessus conservent les mêmes caractères que dans le cas des pois verts crus. Leurs valeurs croissent avec la maturité sans toutefois dépasser sensiblement celles que ces derniers affectent à l'état de pois pleins. D'autre part on peut dire que ces valeurs restent pratiquement indépendantes de la variété, puisque le contenu de chaque boîte provient du criblage d'un mélange de pois de diverses variétés. A noter toutefois un faible accroissement du rapport $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ dû à une légère insolubilisation des matières azotées au cours de la fabrication; ce qui d'ailleurs ne modifie nullement les conclusions à tirer des résultats de l'analyse.

En ce qui concerne les pois secs régénérés, l'examen a porté sur des boîtes de marques différentes achetées dans le commerce. Les résultats fournis par l'analyse montrent que les valeurs des deux rapports $\frac{\text{amidon}}{\text{sucres}}$ et $\frac{\text{amidon}}{\text{cellulose}}$ sont sensiblement les mêmes que celles obtenues avec les pois mûrs et secs à l'état cru (*loc. cit.*). Elles apparaissent également indépendantes de la variété puisque le contenu de chaque boîte est formé de mélanges différents de pois mûrs et secs régénérés. Quant au rapport $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ il prend des valeurs bien supérieures à celles obtenues avec les pois mûrs et secs à l'état cru. Cela tient évidemment à ce fait que les pois secs, pour être régénérés, ont subi une cuisson « à l'étuvée » prolongée, au cours de laquelle la majeure partie des matières azotées solubles s'insolubilisent. De telle sorte que l'augmentation très notable des valeurs de ce dernier rapport constitue, pour ce genre de conserves, un nouvel et précieux élément d'appréciation.

Il suffira donc, le plus souvent, d'évaluer les trois rapports dont il s'agit pour distinguer les conserves de pois « régénérés » des conserves de pois verts.

TABLEAU I. — *Teneurs en grammes pour 100 de substance sèche.*

Échantillons de conserves.	Matières hydrolysables.		Matières azotées.	
	Insolubles.	Solubles.	Insolubles.	Solubles.
I. *Pois verts :*				
1. Extra-fins	46,9	11,4	16,0	6,2
2. Fins	48,4	11,0	17,0	4,8
3. Mi-fins	50,0	9,1	17,4	4,0
4. Moyens	54,2	8,6	17,7	3,7
II. *Pois secs régénérés :*				
5. A l'étuvée	61,4	5,3	20,1	1,9
6. Au naturel	58,0	5,8	21,6	2,4
7. Au naturel	58,0	6,1	20,6	2,2
8. Au maigre (1)	59,1	4,6	21,7	2,3

TABLEAU II. — *Teneurs en cellulose, en grammes pour 100 de substance sèche. Valeurs des rapports.*

Échantillons de conserves.	Cellulose.	Rapports		
		Amidon / Sucres.	Amidon / Cellulose.	Azote insoluble / Azote soluble.
I. *Pois verts :*				
1. Extra-fins	14,0	4,1	3,3	2,5
2. Fins	12,5	4,4	3,8	3,5
3. Mi-fins	11,5	5,5	4,3	4,3
4. Moyens	10,5	6,3	5,1	4,8
II. *Pois secs régénérés :*				
5. A l'étuvée	7,8	11,6	7,8	10,6
6. Au naturel	8,0	11,0	7,3	9,0
7. Au naturel	8,1	9,5	7,2	9,4
8. Au maigre (1)	7,2	12,8	8,2	9,4

EMBRYOGÉNIE. — *Études histologique de la glande génitale droite de la Poule ovariotomisée en un testicule.* Note de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. Widal.

L'extirpation totale et précoce de l'ovaire gauche de la Poule détermine la transformation de la glande génitale droite en un testicule, dont l'évolution spermatogénétique peut se poursuivre jusqu'à l'élaboration de sperma-

(1) Addition de légumes étrangers (carottes, par exemple).

tozoïdes [1]. J'ai montré antérieurement que la gonade droite de la Poule avait la valeur d'une glande testiculaire rudimentaire [2]. Je me propose aujourd'hui de confirmer cette notion en étudiant le processus histologique selon lequel cette gonade droite se transforme en un testicule. J'ai ovariotomisé dans cette intention un certain nombre de Poulettes âgées de quelques semaines, et je les ai sacrifiées au bout de temps variables après l'opération.

La gonade droite de la Poule normale présente la structure histologique suivante : on observe, dans un strome conjonctif recouvert par l'épithélium péritonéal, des cavités lacunaires et des amas de cellules interstitielles. Ces lacunes sont tapissées par un épithélium aplati. Elles représentent les vestiges des cordons médullaires, issus chez l'embryon de l'unique [3] prolifération de l'épithélium germinatif (Firket), et qui sont les homologues des cordons testiculaires du mâle. Les cellules interstitielles ont une structure alvéolaire, et sont très riches en lipoïdes osmiophiles. Firket a montré qu'elles proviennent de la transformation de l'épithélium d'une partie des cordons médullaires.

Chez des Poulettes ovariotomisées à l'âge de quelques semaines et tuées 3, 4, 5, 6 et 10 jours après l'opération, on constate par l'examen des coupes que la gonade droite augmente progressivement de volume. Les cellules interstitielles perdent leurs enclaves lipoïdiques, et s'enrichissent considérablement en cytoplasme et en chondriome. Dans cet état, elles se multiplient activement par mitose. Quant à l'épithélium qui tapisse les lacunes, il ne présente pas jusqu'au dixième jour de modifications appréciables. Chez une Poulette tuée 2 jours après l'opération, cet épithélium lacunaire se montre plus élevé que normalement, et l'on y observe quelques mitoses. Un autre sujet, sacrifié au bout de 1 mois et 11 jours, présente à l'autopsie une gonade de droite déjà bien développée ($1^{mm} \times 6^{mm},5$). Elle contient, outre des amas nombreux de cellules interstitielles, des lacunes dont l'épithélium est à certains endroits cylindrique, et enfin des cordons ou des tubes formés de hautes cellules, dont l'aspect est identique à celui des tubes d'un testicule embryonnaire de Poulet, avec cette différence qu'ils sont

---

(1) J. Benoit, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1074 et 1243; 178, 1924, p. 1640; *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 1326.

(2) J. Benoit, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 341.

(3) La deuxième poussée, pflügérienne, ne se produit qu'exceptionnellement chez la Poule. Dans ces cas très rares, la gonade droite est un véritable ovaire, pourvu d'ovocytes.

totalement dépourvus de grandes cellules germinatives. Fait essentiel : ces cordons ou tubes sont en continuité directe avec les lacunes. Leur épithélium est identique à l'épithélium palissadique de ces dernières, et l'examen des coupes sériées permet de reconnaître qu'ils naissent de la prolifération de l'épithélium lacunaire. L'épithélium péritonéal qui recouvre l'organe n'est nulle part en continuité avec l'épithélium des lacunes ou des tubes. Il est formé de petites cellules plates, ne présentant aucun signe d'une multiplication quelconque.

Chez des Poulettes tuées 2 mois 6 jours et 3 mois après l'ovariotomie, la gonade droite est devenue un organe volumineux : elle mesure $5^{mm} \times 11^{mm},5$ chez le premier sujet et $4^{mm} \times 11^{mm}$ chez le deuxième. L'épithélium péritonéal superficiel est au repos complet et il ne communique nulle part avec les tubes sexuels, très nombreux, qui remplissent la totalité de l'organe. On retrouve encore des cavités lacunaires très allongées, dont l'épithélium est en continuité directe avec un grand nombre de tubes. L'épithélium de ces derniers, comme celui des lacunes, présente des mitoses.

Dans l'organe appartenant au sujet tué au bout de 3 mois, certains tubes plus volumineux présentent des spermatocytes I. Le tissu conjonctif intertubulaire contient de nombreuses cellules interstitielles.

Pour compléter la série des animaux étudiés, je rappellerai les observations publiées antérieurement de 2 Poules ovariotomisées depuis 5 mois et 9 mois 8 jours. La gonade droite de ces sujets s'était transformée en un testicule dont les tubes séminifères, bien développés, élaboraient des spermatozoïdes.

En résumé, les tubes séminifères qui se développent dans la gonade droite de la Poule ovariotomisée proviennent, par prolifération mitotique, de l'épithélium qui tapisse les lacunes formées chez l'embryon aux dépens des cordons de la première poussée, dits cordons médullaires. L'épithélium péritonéal qui recouvre la gonade droite ne participe aucunement à ce processus. Quant aux cellules interstitielles, elles proviennent par division mitotique des cellules interstitielles préexistantes [1]. La gonade droite de la Poule a donc bien (sauf évidemment dans les cas exceptionnels où la deuxième prolifération germinative, productrice d'ovocytes, a eu lieu), la valeur d'un testicule rudimentaire. Les restes de la première poussée embryonnaire

---

[1] Il s'en forme en outre, dans certaines régions de l'organe, aux dépens des cellules sertoliennes des tubes, selon un processus analogue à celui que Nonidez (1922) a décrit, et que j'ai moi-même étudié (1923) dans le testicule embryonnaire du Poulet.

ne se développent pas dans les conditions habituelles, par suite de l'action empêchante de l'ovaire; et lorsque l'ablation de l'ovaire leur permet de se développer, ils évoluent toujours dans le sens mâle.

PARASITOLOGIE. — *Sur la spécificité relative des Insectes parasites polyphages.* Note de M. **Jean-C. Faure**, présentée par M. P. Marchal.

L'analyse du complexe biologique, formé par un ensemble d'espèces animales et végétales, offre, tant au point de vue de la biologie générale que des applications économiques, une grande importance. Elle ne peut être réalisée que par l'étude détaillée de cas précis; j'ai pris comme exemple celui de la Piéride du Chou (*Pieris brassicæ* L.), en envisageant plus particulièrement les rapports de ce Lépidoptère avec ses parasites aux divers degrés.

Depuis 1922 j'ai isolé, dans la région de Lyon, 8 Hyménoptères et 5 Diptères, parasites directs; divers auteurs ont signalé, en outre, 20 Hyménoptères et 9 Diptères que j'e n'ai pas rencontrés. Les parasites secondaires ne sont pas moins nombreux. J'ai élevé 16 espèces d'Hyménoptères parasites de l'*Apanteles glomeratus* L.; on en a mentionné 12 autres que je n'ai pas retrouvés. Par contre, seulement 2 espèces sur 10, connues comme parasites de l'*Anilastus ebeninus* Grav., ont éclos dans mes élevages. *Compsilura concinnata* Meig. m'a donné 3 Chalcidiens hyperparasites. J'ai signalé 2 *Spilocryptus*, hyperparasites nouveaux des chrysalides.

Au point de vue de leurs rapports avec un hôte donné, on peut diviser les parasites en deux grands groupes : les parasites normaux et les parasites occasionnels. Vis-à-vis de la Piéride du Chou, parmi les premiers se placent : *Apanteles glomeratus*, *Anilastus ebeninus*, *Pteromalus puparum* L., *Pimpla instigator* F. et *Compsilura concinnata*. Ces espèces furent rencontrées par la majorité des auteurs qui se sont occupés de cette question, et chaque année par moi-même. Au contraire, *Trichogramma evanescens* Westw., *Apanteles rubripes* Halid., *Anilastus vulgaris* Brischke, *Chalcis femorata* Panz., *Tricholyga segregata* Rond., *Ceromasia florum* Macq., *Tachina larvarum* L. et *Phryxe vulgaris* Fall. rentrent dans la catégorie des parasites occasionnels; ces espèces ne sont apparues que d'une façon sporadique dans les élevages; six d'entre elles sont des parasites nouveaux, les autres n'avaient été signalées jusqu'ici qu'un très petit nombre de fois comme hôtes de ce Lépidoptère.

Des faits analogues s'observent chez les parasites de l'*Apanteles glomeratus* (1) et en général de tous les Insectes.

Ce sont les parasites normaux qui jouent le principal rôle dans la limitation de la multiplication de l'hôte; exceptionnellement les autres peuvent y prendre une part importante. On remarque, du reste, que les parasites occasionnels se rencontrent en nombre d'autant plus grand que le taux de pullulation de l'Insecte-hôte envisagé est plus élevé; leur rôle freinateur perd alors toute importance, car les parasites normaux se sont développés parallèlement à l'hôte en nombre suffisant pour juguler à eux seuls sa multiplication excessive. La liste des parasites occasionnels ne peut pas être considérée comme définitive.

Les parasites normaux de la Piéride du Chou sont tous plus ou moins polyphages : on connaît six hôtes à l'*Anilastus ebeninus*, 10 au *Pteromalus puparum*, 16 à l'*Apanteles glomeratus*, 21 au *Pimpla instigator*, 51 à *Compsilura concinnata*. L'affinité de ces espèces pour la Piéride varie : l'*Apanteles* et le *Pteromalus* se rencontrent sur tous les foyers un peu importants; l'*Anilastus*, le *Pimpla* et le *Compsilura* y accusent presque toujours un taux de parasitisme relativement plus faible. « La spécificité parasitaire n'est pas une propriété absolue, expression d'une harmonie préétablie entre hôte et parasite; elle est relative et contingente... et se présente à des degrés extrêmement variés » (Caullery, 1921). Il faut tenir le plus grand compte de ces données dans l'étude des Insectes parasites. Je propose de superposer aux notions de parasites polyphages, oligophages et spécifiques celles d'espèces *erratiques*, ne marquant aucune prédilection accentuée pour tel ou tel hôte, et celle d'espèces *électives*, exploitant normalement plutôt une espèce que les autres dont on l'obtient quelquefois.

L'affinité plus grande que témoigne un parasite pour un de ses hôtes n'est pas un phénomène biologique isolé; il est corrélatif d'un ensemble d'autres faits, dont la réunion dans l'association parasite-hôte permettra seule de décerner au premier le qualificatif de parasite électif du second. L'étude du complexe Piéride du Chou — Hyménoptère parasite m'a amené à ne considérer comme parasites électifs de ce Lépidoptère que *Apanteles glomeratus* et *Pteromalus puparum*. Ces insectes témoignent une affinité plus grande pour cette Piéride que pour n'importe lequel de leurs autres hôtes; ils se rencontrent toujours et partout avec elle, comme l'ont montré de très nombreuses observations : il y a concordance parfaite entre leurs cycles

(1) J.-C. FAURE, *C. R. Soc. Biol.*, Lyon, 93, 1925, p. 524.

biologiques et annuels et ceux de leur hôte normal, ce qui permet leur multiplication uniquement à ses dépens; on constate dans la généralité des cas que ces parasites pullulent parallèlement à cette Piéride et arrivent, à eux seuls, à arrêter ses invasions anormales; une dernière donnée renforce parfois les précédentes, c'est l'attraction de la plante habitat-normal de l'hôte sur les parasites adultes ([1]).

Les espèces à caractère erratique illimité existent-elles? Tel pourrait bien être le cas de *Dibrachys boucheanus* Ratz., dont la biologie est déterminée avant tout par l'ectoparasitisme de sa larve et sa vie sous un couvert quelconque (Picard, 1922); la polyphagie de *Trichogramma evanescens*, parasite oophage, paraît ne trouver une limite que dans la dureté des téguments de certains œufs ou dans leur trop petite taille (Ferrière et Faure, 1924). Il est vrai que l'on constate assez souvent une affinité plus marquée pour un groupe d'espèces.

Quoi qu'il en soit, la notion d'espèces électives offre une précision suffisante dans l'étude des complexes biologiques; elle permet d'en dégager les facteurs essentiels, les seuls vraiment intéressants à utiliser dans la lutte biologique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la valeur antigène de l'anatoxine tétanique chez l'homme.* Note ([2]) de MM. **G. Ramon** et **Ch. Zoeller**, présentée par M. Roux.

Nous avons entrepris des recherches dans le but de savoir si les injections d'anatoxine tétanique étaient inoffensives et déterminaient, chez l'homme comme chez les animaux, une immunité active contre le tétanos.

L'anatoxine tétanique que nous avons utilisée était au préalable injectée à des cobayes aux doses de 5 à 10^{cm^3}, soit sous la peau, soit dans les muscles. Dans aucun cas ces animaux n'ont présenté de symptômes de tétanos, même localisé. Le pouvoir antigène de l'anatoxine était vérifié par la réaction de floculation.

Les injections d'anatoxine chez l'homme étaient faites dans le tissu cellulaire sous-cutané. Après des délais variables, nous avons recherché et titré l'antitoxine tétanique dans le sérum sanguin des sujets injectés. Ces titrages

([1]) Comme on le constate chez *Apanteles glomeratus* pour les variétés cultivées de *Brassica oleracea*.

([2]) Séance du 11 janvier 1926.

ont été effectués en cherchant combien un centimètre cube de sérum humain neutralisait de doses mortelles de toxine tétanique pour le cobaye.

Ces premiers essais, qui ont porté sur 100 sujets, nous ont fourni les constatations suivantes :

L'injection d'anatoxine tétanique faite chez l'homme à la dose de $0^{cm^3},5$, de 1^{cm^3} et de 2^{cm^3}, est absolument inoffensive [1]; elle ne provoque ni réaction locale ni réaction générale. Sur plus de 175 injections pratiquées, nous n'avons noté aucun accident.

Dans le sérum des sujets de nos expériences l'on n'a trouvé, avant la vaccination, aucune trace d'antitoxine tétanique, tandis que l'on rencontre parfois, dans le sérum humain, des traces appréciables d'antitoxine diphtérique provenant de légères infections diphtériques antérieures, passées inaperçues.

Les sujets sur lesquels nous avons opéré n'avaient pas tous la même aptitude à produire de l'antitoxine tétanique. Ces aptitudes différentes s'observent aussi, mais d'une façon moins prononcée, chez les hommes qui reçoivent de l'anatoxine diphtérique. En moyenne, sur dix sujets, nous en trouvons un chez lequel l'aptitude à faire de l'antitoxine tétanique est très prononcée par comparaison à celle des neuf autres.

Une seule injection d'anatoxine tétanique est suivie d'une faible production d'antitoxine. Ainsi, 1^{cm^3} de sérum de 9 hommes qui avaient reçu, le 21 août, 1^{cm^3} d'anatoxine, ne contenait, le 25 septembre, qu'une quantité insuffisante pour neutraliser complètement une dose de toxine mortelle pour le cobaye, mais se manifestant cependant par le retard de la mort de ce cobaye sur celle du cobaye témoin. Cette première injection d'anatoxine développe chez ceux qui l'ont reçu, l'aptitude à préparer de l'antitoxine. En effet, 4 de ces 9 personnes dont il vient d'être question, et qui ont subi une nouvelle injection le 5 octobre, ont fourni un sérum dont 1^{cm^3} neutralisait complètement, suivant les sujets, 1 à 10 doses mortelles de toxine pour le cobaye. Dans une autre série, 12 sujets ont reçu deux injections d'anatoxine tétanique à 15 jours d'intervalle ($0^{cm^3},5$ ou 1^{cm^3}, puis 2^{cm^3}); 40 jours après la seconde injection, 1^{cm^3} de leur sérum neutralisait une dose de toxine tétanique mortelle pour le cobaye. On pratique alors une troisième injection de 1^{cm^3} d'anatoxine; 8 jours après, 1^{cm^3} de leur sérum neutralisait, suivant les sujets, de 1000 à 3000 doses mortelles. Ainsi, dans l'espace d'une semaine, sous l'influence d'une faible dose d'anatoxine,

---

[1] Notre collègue A. Lafaille, au cours d'essais encore inédits, a vérifié, le premier sur lui-même, l'innocuité de l'anatoxine tétanique.

l'immunité active s'est accrue dans la proportion de 1 à 1000. Ces chiffres prennent toute leur valeur si l'on considère que 1^{cm^3} du sérum d'un sujet qui reçoit une injection préventive de sérum tétanique contenant 40000 unités antitoxiques, ne neutralise pas plus de 50 doses mortelles 3 jours après l'injection.

Les données que nous venons de rapporter vont nous servir à déterminer les meilleures conditions permettant de réaliser *dans la pratique* l'immunisation active de l'homme contre le tétanos. Nous avons constaté que l'anatoxine tétanique peut être ajoutée à un vaccin microbien, tel que celui employé contre les affections typhoïdes (vaccin T.A.B.) sans que la production d'antitoxine soit diminuée dans cette vaccination associée.

MICROBIOLOGIE. — *Passage du virus de la fièvre aphteuse à travers les membranes en collodion.* Note de MM. **C. Levaditi, S. Nicolau** et **I.-A. Galloway**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré [1], que certains ultravirus neurotropes (rage, encéphalite, herpès, neurovaccin) filtrent sous pression à travers des membranes en collodion. Leur filtrabilité varie non seulement d'une membrane à l'autre, mais encore suivant la nature du virus étudié. Le neurovaccin (virus vaccinal cultivé dans l'encéphale du lapin) s'est montré, en effet, plus apte à traverser ces membranes que les germes rabique, encéphalitique ou herpétique.

Nous apportons de nouveaux faits concernant la filtrabilité du *virus de la fièvre aphteuse* à travers les mêmes membranes. La technique employée a été celle indiquée dans notre première Note ; la souche dont nous nous sommes servis a été entretenue sur le cobaye [inoculation à la patte, procédé de Waldmann et Pape [2]]. Du suc de vésicules fraîches était introduit dans un sac en collodion (collod. Poulenc, 3 couches) et filtré sous pression (10^{cm} mercure ; vitesse de la filtration suivant les sacs : 1 goutte toutes les 2, 2 1/4, 3, 4 et 5 minutes). Le contenu du sac, ainsi que le filtrat, bactériologiquement stérile, étaient inoculés, par voie intradermique, à la patte du cobaye.

Nos expériences, au nombre de neuf, ont fourni huit résultats positifs. En voici une à titre d'exemple :

---

(1) Levaditi et Nicolau, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 717.
(2) Waldman et Pape, *Tier. Woch.*, 37, 1921, p. 449.

Expérience. — Lymphe fraîche, filtrée à la vitesse de 1 goutte toutes les deux minutes et quart. Le *contenu du sac* a été inoculé aux cobayes 698, 694 et 498. Apparition d'une vésicule à la patte après 24 et 36 heures; généralisation sur la muqueuse linguale du troisième au quatrième jour. Le *filtrat* a été injecté aux cobayes 695, 696 et 697. Naissance de vésicules à la patte après 18 à 24 heures; généralisation sur la muqueuse linguale après 36 heures et 4 jours.

Conclusions. — Le virus de la fièvre aphteuse filtré sous pression à travers des membranes en collodion, membranes peu perméables aux matières protéiques, perméables au bactériophage, aux peptones et aux acides amidés, et qui retiennent, en grande partie, l'alexine, la sensibilisatrice hémolytique, certaines diastases (trypsine) et toxines microbiennes (diphtérique et tétanique). Ce virus se comporte donc, à ce point de vue, comme les ultravirus neurotropes de la rage, de l'encéphalite, de l'herpès et du neurovaccin. Cependant il se rapproche plus de ce neurovaccin; en effet nous avons obtenu avec le germe neurovaccinal, 7 résultats positifs sur 8 filtrations, et avec le virus de la fièvre aphteuse, 8 succès sur 9 tentatives. Il s'écarte des ultravirus rabique, encéphalitique et herpétique, dont l'ultrafiltrabilité est sensiblement moins constante.

Ces recherches, conformes aux résultats relatés par nous en 1923, montrent que *les ultravirus paraissent constitués par des agrégations de matière protéique vivante dont les dimensions ne semblent pas éloignées de celles des agrégats albuminoïdes servant de support aux propriétés diastasiques et aux toxines microbiennes.*

M. **Filippo Eredia** adresse une Note intitulée : *Le régime des pluies dans la Somalie italienne.*

A 16^{h}, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}30^{m}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés de certains aciers nickel-chrome traités.* Note de M. **LÉON GUILLET**.

Il est connu que, dans certaines conditions de traitements thermiques, divers aciers spéciaux, notamment les acier-nickel-chrome, couramment utilisés dans l'industrie, deviennent très fragiles, tandis que les autres propriétés mécaniques demeurent sensiblement constantes. J'ai entrepris une étude systématique de ce phénomène, en utilisant l'acier :

$$C = 0,26;\quad Ni = 3,76;\quad Cr = 0,67;\quad Mn = 0,54;$$
$$Si = 0,11;\quad S = 0,037;\quad P = 0,021.$$

Des éprouvettes de choc ont été soumises aux traitements suivants :

Trempe à l'huile à 900°, après chauffage de 20 minutes au bain salin; revenu à 650°, refroidissement entre 650° et 410°, en 35 heures; refroidissement à l'air, de 410° à la température ambiante; second revenu à 650°, avec refroidissement à l'air (traitement A); tandis que d'autres éprouvettes subissaient le même traitement, mais en intervertissant seulement l'ordre des deux revenus, faits après trempe (traitement B).

Voici les faits constatés :

1° Les éprouvettes ayant subi le traitement A donnent une résilience et un angle de pliage

$$\rho = 16,4,\qquad \alpha = 163°;$$

les éprouvettes ayant subi le traitement B donnent une résilience

$$\rho = 5,6,\qquad \alpha = 166°;$$

le métal est donc devenu fragile par le traitement B.

2° Dans une série importante d'essais, les éprouvettes ayant subi le traitement B ont été cassées, les unes à des températures croissantes, les autres à froid, mais après chauffage à mêmes températures que les précédentes, le refroidissement ayant lieu à l'air. Une comparaison a été établie avec le métal ayant subi le traitement A.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Température de chauffage.	Métal ayant subi le traitement A. Cassé à la température indiquée.	Métal ayant subi le traitement A. Cassé après refroidissement à l'air.	Métal ayant subi le traitement B. Cassé à la température indiquée.	Métal ayant subi le traitement B. Cassé après refroidissement à l'air.
200°..	ρ = 17,0	ρ = 16,2	ρ = 15,0	ρ = 8,6
300..	18,8	17,3	15,2	9,7
400..	15,4	19,1	14,3	10,4
450..	13,6	18,3	13,6	10,6
500..	10,9	17,1	11,8	12,4
550..	10,5 (¹)	18,9	10,6	17,2
600..	12,2 »	19,4	11,0 (¹)	19,5
650..	21,3 »	19,4	21,4 »	19,1

On voit notamment que le métal rendu fragile par le traitement B perd cette fragilité à 200°, comme s'il existait une transformation entre la température ordinaire et 200° et que, essayé à froid, il faut atteindre environ 500° pour donner à la résilience une valeur normale.

3° Les mêmes essais prouvent que le métal chauffé à 500°-550° et refroidi à l'air est non fragile; il ne devient très fragile que si la vitesse de refroidissement est lente.

4° Bien que les essais de traction donnent des résultats sensiblement identiques sur les métaux ayant subi les traitements A et B, la résistance aux chocs répétés est beaucoup plus faible pour l'acier de faible résilience que pour l'autre métal.

Voici un exemple d'essai pratiqué sur appareil de Cambridge, avec une vitesse de 60 coups par minute, un poids de $2^{kg},388$ et une hauteur de chute de 33^{mm}.

Traitement subi.	Essai de traction. R.	E.	A %.	Σ.	Essai de choc. ρ.	α.	Essais aux chocs répétés nombre de coups.
A....	80,1	64,8	17,9	68,0	18,8	»	3,290
B....	74,6	61,1	19,4	68,0	6,4	165°	570

5° La micrographie n'indique aucune différence entre les métaux ayant subi les deux traitements.

6° Les essais de dilatation ne fournissent aucun renseignement.

7° La thermo-électricité ne donne également aucune indication. Voici les deux résultats obtenus en reliant les alliages essayés à un fil d'acier doux :

(¹) Éprouvettes pliées et non cassées.

Traitement subi.	Force électromotrice en millivolts à : 75°.	120°.	225°.
A	0,73	1,269	2,173
B	0,73	1,269	2,173

Le point le plus intéressant mis en vue par ces premiers essais se trouve dans les résultats obtenus à 200° sur métal rendu fragile; ils prouvent qu'à cette température le métal a retrouvé une résilience normale.

ZOOLOGIE. — *Sur la position systématique du genre* Erato, *Mollusque Gastéropode Prosobranche.* Note ([1]) de M. **A. Vayssière.**

Le genre *Erato*, créé en 1826 par Risso pour de minuscules coquilles méditerranéennes, avait été placé par lui à côté du genre *Cipræa*, mais ses successeurs, se basant sur une similitude de forme de la coquille avec celle des *Marginella*, le mirent dans ce dernier groupe où il demeura jusque vers 1850. A cette époque, plusieurs conchyliologistes reconnurent leur erreur en constatant que la coquille des *Erato* ne possédait jamais de plis columellaires dans son jeune âge, contrairement à ce qui s'observe chez les *Marginella* et lorsqu'il en existe, ils apparaissent à l'état adulte, en même temps que les denticulations du labre.

C'est surtout à Troschel que l'on doit d'avoir reconnu, en 1856, les véritables affinités de ces Mollusques par l'étude de leur radula ; en se basant sur ce caractère anatomique, il constata que les *Erato* devaient être mis dans la famille des Cypræidés, plus spécialement à côté du genre *Trivia* à cause de la similitude de leurs dents radulaires.

Une étude anatomique de plusieurs espèces appartenant à ces deux genres, me permet de confirmer le bien-fondé de la manière de voir de Troschel. Entre les *Erato* et les *Trivia* il y a, non seulement une grande ressemblance dans la structure des pièces radulaires, mais aussi dans celle de divers autres organes : osphradium, ganglions pédieux et mâchoires.

L'*osphradium*, chez ces deux types, offre le même aspect; c'est un corps ellipsoïde, un peu arqué, pourvu d'une crête médiane longitudinale, sur les côtés de laquelle se trouvent insérées une quarantaine de lamelles du côté

([1]) Séance du 18 janvier 1926.

convexe et une vingtaine du côté concave, disposition toute différente de celle observée dans les autres genres de la famille des Cypræidés où nous trouvons un *osphradium* triangulaire possédant une arête médiane trifide.

Les *centres nerveux pédieux*, en forme de corps oblongs, assez épais, près de deux fois plus longs que larges, n'envoient pas postérieurement, comme chez les autres Cypræidés, de prolongement ganglionnaire radiciforme se confondant avec le grand nerf pédieux; chez les *Erato* comme chez les *Trivia* ce nerf très volumineux, cylindrique, n'est nullement ganglionnaire et le contour des centres pédieux de ce côté est nettement arrêté en pointe arrondie.

Les deux *mâchoires*, nulles ou très rudimentaires chez la plupart des Cypræidés, sont assez développées chez les Trivia ainsi que chez les Erato; elles sont constituées par de très nombreux petits bâtonnets chitineux agencés les uns contre les autres.

Enfin le fourreau radulaire est court dans ces deux genres.

A ce que je viens de dire concernant les caractères qui rapprochent les uns des autres les Erato et les Trivia, j'ajouterai que l'ensemble de l'organisation des Erato est tout à fait semblable à celui des autres types de Cypræidés (Cypræa, Ovula, Cyphoma, Calpurnus, Simnia, etc.).

Aussi en nous appuyant sur la connaissance de ces divers caractères anatomiques, nous devons maintenir le genre *Erato* dans cette famille et le réunir au genre *Trivia* pour former une section spéciale de celle-ci.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 40 suffrages exprimés, M. **G. André** est élu Membre du Conseil d'administration de l'*Institut national agronomique*, en remplacement de M. *E. Tisserand* décédé.

RAPPORTS.

La *Commission des magasins à poudre*, nommée en la séance du 9 novembre 1925, et à laquelle ont été adjoints MM. *Vieille* et *Ferrié*, dépose le

rapport, rédigé par M. **Paul Janet**, sur la question posée par M. le Ministre de la guerre, relative aux précautions à prendre dans l'installation des conducteurs électriques au voisinage des magasins à poudre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Brousseau. *Souvenirs de la mission Savorgnan de Brazza*. Préface de Maurice Delafosse.

2° La vingt-cinquième année (1924) de *L'Année psychologique*, publiée par Henri Piéron. (Présenté par M. Henneguy.)

3° G. Bruhat. *Cours de Thermodynamique à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique*. (Présenté par M. A. Cotton.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'habillage des surfaces.* Note (1) de M. **A. Myller**, transmise par M. Appell.

On considère un réseau formé par un double système de fils parfaitement flexibles et inextensibles formant par leurs entrecroisements des quadrilatères infiniment petits pouvant se déformer de telle manière que les longueurs des côtés restent invariables et que seulement les angles puissent changer. Notre problème de l'habillage des surfaces consiste à montrer les conditions sous lesquelles il est possible d'appliquer sur une surface un tel réseau. Ce problème est résolu (2) dans le cas particulier de Tchebychef, où tous les quadrilatères du réseau sont des losanges dont les côtés ont la même longueur.

On peut établir une formule qui généralise une autre dite *fondamentale de Christoffel* dans la théorie de l'équivalence de deux formes différentielles quadratiques. Étant données deux formes

$$(1)\quad \sum_{rs} a_{rs}\,dx_r\,dx_s \quad \text{et} \quad (2)\quad \sum_{t} X_t\,dx_t,$$

(1) Séance du 18 janvier 1926.

(2) L. Bianchi, *Lezioni di Geometrica differenziale*, Ed. III, 1, p. 153.

en employant les notations habituelles et les symboles

$$\gamma^{l}_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial a_{il}}{\partial x_k} + \frac{\partial a_{kl}}{\partial x_i} - \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l}\right) - \frac{1}{2}(a_{il}X_k + a_{kl}X_i - a_{ik}X_l)$$

$$\Gamma^{l}_{ik} = \sum_{\nu} A_{l\nu}\gamma^{\nu}_{ik},$$

cette formule est

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 x_\nu}{\partial x'_r \partial x'_s} + \sum_{ik} \Gamma^{\nu}_{ik} \frac{\partial x_i}{\partial x'_r}\frac{\partial x_k}{\partial x'_s} = \sum_{\mu} \Gamma'^{\mu}_{rs} \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\mu}.$$

Habiller une surface d'un réseau signifie trouver un système de coordonnées curvilignes pour lequel

$$(4) \qquad ds^2 = e^{2\psi}\, d\alpha^2 + 2e^{\varphi+\psi}\cos\omega\, d\alpha\, d\beta + e^{2\varphi}\, d\beta^2,$$

$\varphi(\alpha, \beta)$, $\psi(\alpha, \beta)$ étant des fonctions données qui indiquent la répartition des points d'entrecroisement fixés sur chaque fil et ω l'angle des lignes coordonnées.

On constate qu'étant donnés (4) et

$$(5) \qquad 2\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\, d\alpha + 2\frac{\partial \psi}{\partial \beta}\, d\beta,$$

il en résulte

$$(6) \qquad \Gamma^1_{12} = 0, \qquad \Gamma^2_{12} = 0;$$

mais, inversement de (5) et (6), il en résulte une forme plus générale que (4)

$$(7) \qquad e^{2\psi}A^2(\alpha)\, d\alpha^2 + 2e^{\varphi+\psi}A(\alpha)B(\beta)\cos\omega\, d\alpha\, d\beta + e^{2\varphi}B^2(\beta)\, d\beta^2.$$

Si les formes (4) et (5) sont les transformées de

$$(8) \qquad ds^2 = E\, du^2 + 2F\, du\, dv + G\, dv^2,$$

$$(9) \qquad U\, du + V\, dv,$$

deux des équations (3) deviennent

$$(10) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 u}{\partial \alpha\, \partial \beta} + \Gamma^1_{11}\dfrac{\partial u}{\partial \alpha}\dfrac{\partial u}{\partial \beta} + \Gamma^1_{12}\left(\dfrac{\partial u}{\partial \alpha}\dfrac{\partial v}{\partial \beta} + \dfrac{\partial u}{\partial \beta}\dfrac{\partial v}{\partial \alpha}\right) + \Gamma^1_{22}\dfrac{\partial v}{\partial \alpha}\dfrac{\partial v}{\partial \beta} = 0, \\ \dfrac{\partial^2 v}{\partial \alpha\, \partial \beta} + \Gamma^2_{11}\dfrac{\partial u}{\partial \alpha}\dfrac{\partial u}{\partial \beta} + \Gamma^2_{12}\left(\dfrac{\partial u}{\partial \alpha}\dfrac{\partial v}{\partial \beta} + \dfrac{\partial u}{\partial \beta}\dfrac{\partial v}{\partial \alpha}\right) + \Gamma^2_{22}\dfrac{\partial v}{\partial \alpha}\dfrac{\partial v}{\partial \beta} = 0,. \end{cases}$$

où les Γ sont fonctions de u, v, $\frac{\partial u}{\partial \alpha}$, $\frac{\partial u}{\partial \beta}$, $\frac{\partial v}{\partial \alpha}$, $\frac{\partial v}{\partial \beta}$, α, β, étant donné que

$$U = -2\frac{\frac{\partial \psi}{\partial \beta}\frac{\partial v}{\partial \alpha} - \frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\frac{\partial v}{\partial \beta}}{\frac{\partial u}{\partial \alpha}\frac{\partial v}{\partial \beta} - \frac{\partial v}{\partial \alpha}\frac{\partial u}{\partial \beta}}, \qquad V = 2\frac{\frac{\partial \psi}{\partial \beta}\frac{\partial u}{\partial \alpha} - \frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\frac{\partial u}{\partial \beta}}{\frac{\partial u}{\partial \alpha}\frac{\partial v}{\partial \beta} - \frac{\partial v}{\partial \alpha}\frac{\partial u}{\partial \beta}}.$$

Inversement une solution u, v de (10) détermine

$$(11) \qquad E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2 = e^{2\psi}A^2\,d\alpha + e^{\varphi+\psi}AB\cos\omega\,d\alpha\,d\beta + e^{2\varphi}B^2\,d\beta^2,$$

où $A(\alpha)$ et $B(\beta)$ dépendent de la nature des solutions u, v. Notre problème revient à déterminer celles des solutions de (10) pour lesquelles dans (11) $A \equiv 1$, $B \equiv 1$.

On sait qu'il existe une solution unique u, v de (10) quand on se donne les valeurs de ces fonctions sur deux caractéristiques, c'est-à-dire si l'on a pour $\beta = 0$, $u = f(\alpha)$, $v = \varphi(\alpha)$ et pour $\alpha = 0$, $u = f_1(\beta)$, $v = \varphi_1(\beta)$. Géométriquement ce résultat exprime qu'on peut couvrir la surface (8) d'un réseau de configuration (7) de telle manière que les fils $\alpha = 0$, $\beta = 0$ tombent sur deux courbes données d'avance $v = \mathfrak{F}(u)$ [ou $u = f(\alpha)$, $v = \varphi(\alpha)$] et $v = \mathfrak{F}_1(u)$ [ou $u = f_1(\beta)$, $v = \varphi_1(\beta)$]. Mais alors, sans changer les courbes, on peut prendre deux des fonctions f, φ, f_1, φ_1 arbitrairement. Déterminons f, f_1 tels qu'ils satisfassent aux équations

$$(E + 2F\mathfrak{F}' + G\mathfrak{F}'^2)f'^2 = e^{2\psi},$$
$$(E + 2F\mathfrak{F}'_1 + G\mathfrak{F}'^2_1)f'_1 = e^{2\varphi},$$

obtenues de (11) en faisant $A \equiv 1$, $B \equiv 1$ et respectivement $v = \mathfrak{F}(u)$, $v = \mathfrak{F}_1(u)$ et après $\beta = 0$, $u = f$, $v = \mathfrak{F}(f)$ et $\alpha = 0$, $u = f_1$, $v = \mathfrak{F}_1(f_1)$. Prenant $\varphi = \mathfrak{F}(f)$, $\varphi_1 = \mathfrak{F}_1(f_1)$, les solutions correspondantes u, v de (10) satisferont à la relation (11) où l'on a mis $A \equiv 1$, $B \equiv 1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions analytiques.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Goursat.

Je voudrais donner une démonstration élémentaire de l'intéressant théorème établi par M. Wolff [1].

Désignons par C le cercle $|z| = 1$. Soit $f(z)$ holomorphe à l'intérieur de C, avec $|f(z)| < 1$. Posons $f_1(z) = f(z)$, $f_n = f(f_{n-1})$. Il s'agit d'étudier $f_n(z)$ quand n croît.

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 42.

Nous excluons les cas spéciaux : 1° $f(z) = z$, 2° $f(z) = ze^{i\omega}$ (ω réel, non multiple de 2π), 3° $\frac{f(z)-a}{f(z)-a'} = \frac{z-a}{z-a'}e^{i\omega}$, a étant un point quelconque intérieur à C et a' son conjugué géométrique par rapport à C.

Le théorème de M. Wolff est que, *dans tout autre cas*, $f_n(z)$ *tend vers un nombre unique indépendant de* z.

En effet, soit u un nombre de module inférieur à 1. Nous désignons par C′ le cercle $|u| = 1$. L'équation $z - uf(z) = 0$ a une racine et une seule ζ intérieure à C. (Il en résulte que l'équation $z - f(z) = 0$ a au plus une racine intérieure à C.). Quand u décrit l'intérieur de C′, ζ décrit l'intérieur d'un domaine connexe Δ. Les points u et ζ se correspondent chacun à chacun continûment.

Je dis que si u (intérieur à C′) tend vers 1, ζ tend vers un point *unique* a, intérieur à C ou situé sur C.

Si ζ avait deux points limites distincts a et a_1, il existerait à l'intérieur de C′ un arc-intervalle simple aboutissant à 1 auquel correspond dans Δ un arc-intervalle simple Λ possédant un continu limite λ qui contient a et a_1.

λ n'a pas de point intérieur à C, sinon sur un continu intérieur à C, $z = f(z)$ (1^er^ cas exclu). Donc λ est un arc de C. Mais $z - f(z)$ étant borné, tend vers une valeur unique (Fatou) quand z tend radialement vers un point $e^{i\theta}$ de λ, avec exception possible d'un ensemble 0 de mesure nulle. Le rayon aboutissant à $e^{i\theta}$ coupe une infinité de fois Λ, sur lequel

$$z - f(z) = z\left(1 - \frac{1}{u}\right).$$

La valeur limite est donc nécessairement 0. $f(z)$ coïncide donc avec z.

On montrerait de même que la frontière de Δ correspond continûment et biunivoquement au cercle C′.

Soit a la valeur limite unique de ζ pour $\lim u = 1$ ($|u| < 1$).

Je dis que $f_n(z)$ tend vers a quel que soit z intérieur à C.

1° Si a est intérieur à C, on a

$$\frac{f(z)-a}{f(z)-a'} = \frac{z-a}{z-a'}\lambda(z)$$

ou

$$f(z) = z\lambda(z)$$

avec $|\lambda(z)| < 1$ (les deux derniers cas étant exclus). D'où $\lim f_n(z) = a$.

2° Si a est sur C, posons

$$\frac{a}{a - f(z)} = \frac{a}{a - z} + p(z) + iq(z),$$

p et q étant réels. Nous allons montrer $p(z) \geqq 0$. Il est évident que si z tend vers un point quelconque $e^{i\theta}$ de C distinct de a, $\underline{\lim}\, p(z) \geqq 0$. Mais $p(z)$ n'étant pas *a priori* borné inférieurement, il n'est pas permis d'en conclure $p(z) \geqq 0$ dans C.

Soit ε un nombre tendant vers 0 de façon que $|1 - \varepsilon| < 1$. Posons

$$(1-\varepsilon) f(z) = \varphi(z).$$

Soit α l'unique racine intérieure à C de $z = \varphi(z)$, α' le conjugué de α par rapport à C, enfin $\eta = \frac{\alpha' - \alpha}{\alpha}$.

Quand ε tend vers 0, α tend vers a, et η, positif, tend vers 0.

On a

$$\frac{\alpha' - \varphi(z)}{\alpha - \varphi(z)} = \frac{\alpha' - z}{\alpha - z} \cdot \mathrm{M}(z).$$

A l'intérieur de C, $|\mathrm{M}(z)| > 1$. Prenons les logarithmes des deux membres et divisons-les par η. La partie réelle de $\frac{1}{\eta} \log \mathrm{M}(z)$ est positive. Or $p(z)$ en est la limite. Donc $p(z) \geqq 0$.

Dès lors, ou bien $p(z) = 0$ quel que soit z, et alors q est constant, mais non nul (premier cas exclu). f_n tend évidemment vers a. Ou bien $p(z)$ est variable, positif en tout point intérieur à C. Soit Γ le cercle tangent en a à C et passant par z. f et tous les f_n sont intérieurs à Γ. Quel que soit ρ positif, le minimum de $p(z)$ dans la partie de Γ extérieure au cercle de centre a et de rayon ρ, est positif. Il est donc impossible qu'une infinité de points $f_n(z)$ soient distants de a de plus de ρ. Le théorème est établi dans tous les cas.

Généralement, D étant un domaine connexe limité par un continu I, soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans D et telle que, si z est intérieur à D, il en est de même du point $f(z)$. Soit $y = \psi(z)$ la représentation conforme de l'intérieur de D sur l'intérieur de C″ d'équation $|y| = 1$. A un point b de C″ correspond selon les cas un point a ou une portion continue λ de I. Or, si

$$\mathrm{F}(y) = \psi[f(z)],$$

on a

$$\mathrm{F}_n(y) = \psi[f_n(z)].$$

Sauf les trois cas à exclure, $\mathrm{F}_n(y)$ tend vers un nombre b indépendant de y. Donc $f_n(z)$ tend indépendamment de z vers un point unique a ou vers un ensemble ω situé sur une portion λ de I. Dans ce dernier cas ω semble pouvoir dépendre de z. Mais, si z tend vers un point unique a de λ quand y intérieur à C″ tend vers b suivant tout chemin dont la plus petite courbure en b surpasse 1, $f_n(z)$ tend encore vers a indépendamment de z intérieur à D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation du théorème d'Eisenstein indiquée par Tchebychef.* Note [1] de M. **D. Mordoukhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

Hermite, dans son Cours d'Analyse lithographié, cite une proposition communiquée par Tchebychef [2]. Le développement

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots \tag{1}$$

à coefficients a_j égaux à des fractions rationnelles (qu'on suppose réduites) peut représenter une fonction exprimable en termes finis seulement à la condition que ces dénominateurs de a_j aient la propriété suivante : p_n étant le plus grand diviseur premier du dénominateur d_j, $p_n : n$, pour n très grand reste inférieur à un nombre fini : $p_n : n < \mathrm{N}f$ [3].

La démonstration du théorème de Tchebychef doit être développée d'une autre manière que celle du théorème de Hurwitz ($p_n : n^k < \mathrm{N}f$.

1° La série (1) doit être considérée comme le résultat d'opérations algébriques sur des développements holomorphes ou en général des *algébroïdes*.

Pour de tels éléments, en cas de construction de la première classe de Liouville, on doit prendre $e^{\alpha\left(\frac{1}{x^{\frac{1}{\alpha}}}\right)}$ et $\log x$, α étant un polynome.

Pour les constructions des classes supérieures on doit prendre

$$[\overline{q}v^{(n)}] = e^{\Omega^{(n)}}, \qquad [\underline{q}v^{(n)}] = \log \Omega_{n-1},$$

Ω_{n-1} étant des constructions des classes inférieures.

2° On doit établir pour les classes différentes d'opérations l'*invariance* de la propriété :

$$\mathrm{A}(k, e) \begin{cases} \mathrm{P}(k) \ldots \dfrac{\overline{p}(da_n)}{n^k} < \mathrm{N}f, \\ \mathrm{L}(e) \ldots \dfrac{\lambda p(da_n)}{n^e} < \mathrm{N}f, \end{cases}$$

$\overline{p}$ étant le plus grand diviseur premier du dénominateur da_n de a_n; λ, l'ex-

---

(1) Séance du 18 janvier 1926.

(2) Voir *Comptes rendus*, 178, 1925, p 1250.

(3) Tchebychef n'a pas donné de démonstration.

posant p dans da_n, $\mathrm{N}f$, un nombre fini. A cet effet, on démontre que

$$\Phi[\mathrm{A}^{(i_1)}(k, l), \mathrm{A}_2^{(i_2)}(k, l), \ldots, \mathrm{A}_s^{(i_s)}(k, l)] = \mathrm{A}(k, l),$$

$\mathrm{A}(k, l)$ étant le signe d'algébroïde avec la propriété $\mathrm{A}(k, l)$, $\mathrm{A}^i(k, l)$ sa dérivée ($i > 0$) ou son intégrale d'ordre. On tire des recherches de Kœnigsberger l'invariance pour les opérations algébriques irrationnelles. L'invariance pour les opérations

$$\underline{qv} \ldots \int \frac{u'}{u} dx \quad \text{et} \quad \overline{qv} \ldots e^{\int u\, dx}$$

s'établit par des considérations élémentaires.

3° L'idée fondamentale de Tchebychef consiste en ce que l'opération

(2) $$\Theta(x, \omega_1, \omega_2, \ldots) \quad (^1),$$

où Θ est un signe d'opérations algébriques sur les algébroïdes et les éléments indécomposables ω_j, subsiste après le remplacement des ω_j par des nombres arbitraires, par exemple par des zéros.

On doit préalablement supposer l'expression Θ *réduite*, c'est-à-dire contenant le *minimum* d'éléments indécomposables et, par suite, l'absence de relations entre $(\overline{qv})$ et des fonctions linéaires à coefficients constants des $(\underline{qv})$ exprimables par des constructions des classes inférieures.

En cas des constructions de la première classe, on ramène (2) à la forme

$$\mathrm{A}_0 + \sum_{j=1}^{j=m} \mathrm{A}_j(\overline{qv}) = 0$$

et, au moyen de la méthode de Liouville, on obtient ou

$$(\overline{qv_k}) : (\overline{qv_j}) = \text{algébr.}$$

ou

$$e^{\Omega} = (\overline{qv}) = \Theta(\log x, x).$$

En éliminant par différentiation $(\overline{qv})$, on trouve $\log x$ en fonction algébrique de x.

Pour les constructions des classes supérieures, l'élimination de $(\overline{qv})$ conduit de la même façon à une équation algébrique entre *plusieurs* $(\underline{qv})$.

Par des différentiations successives de l'équation

$$\mathrm{A}_1(\underline{qv_1})^{k_1}(\underline{qv_2})^{k_2} \ldots (\underline{qv_q})^{k_q} + \ldots$$

---

(1) ω_n étant un polynome du degré $\alpha_j^{(1)}$ par rapport à $a_j^{(1)}$.

(après la division par $A_1 \ldots$) on obtient contrairement à l'hypothèse une relation linéaire entre les $(\underline{qv})$.

4° En remarquant que les opérations peuvent introduire des nombres *irrationnels* et *transcendants* (mais on peut toujours chasser les irrationnalités des dénominateurs) on doit raisonner dans le domaine des fonctions rationnelles à coefficients rationnels des transcendantes ξ_i en démontrant que ce domaine est *holoédrique* et en expliquant la notation *plus* et *moins* pour les fonctions entières des ξ_i.

Par exemple pour la seule transcendante ξ

$$\Phi^{(1)}(\xi) > \Phi^{(2)}(\xi), \qquad \Phi = A_0 + A_1\xi + A_2\xi^2 + \ldots + A_n\xi^n$$

si

$$A_0^{(1)} > A_0^{(2)} \quad \text{ou} \quad A_0^{(1)} = A_0^{(2)}, \quad A_1^{(1)} > A_1^{(4)}; \tag{1} \quad (2)$$

$$A_0^{(1)} = A_0^{(2)}, \quad A_1^{(1)} > A_1^{(2)}, \quad A_2^{(1)} > A_2^{(2)}, \quad \ldots \tag{3}$$

5° On voit qu'on obtient ce résultat, plus général que celui de Tchebychef: *Le développement algébroïde d'une expression construite au moyen d'opérations algébriques sur* $(\overline{qv})$ *et sur les algébroïdes* $A(k, l)$ *est aussi algébroïde* $A(k, l)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de représentations conformes.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Étant donnée une variété riemannienne V_n, à n dimensions, d'élément linéaire ds, on peut se proposer la recherche des représentations conformes $[ds] = \frac{ds}{\lambda}$ telles que, f désignant toute fonction p-harmonique sur V_n, ρf soit p-harmonique sur la variété transformée $[V_n]$, le facteur ρ ne dépendant pas de f.

La solution relative à l'inversion dans l'espace ordinaire, donnée par Thomson, est classique. Dans le plan, le cas $p = 2$ est très important dans la théorie des déformations élastiques planes. Enfin, pour $p = 1$, il faut et il suffit [2] que la fonction λ vérifie l'équation $\Delta_2\lambda = \frac{n}{2}\frac{\Delta_1\lambda}{\lambda}$, $\Delta_1\lambda$ et $\Delta_2\lambda$ désignant les deux premiers paramètres différentiels de Beltrami de la V_n; on a alors $\rho = \lambda^{\frac{n}{2}-1}$.

---

(1) Séance du 18 janvier.

(2) Cf. Lagrange, *Thèse : Sur le calcul différentiel absolu*, p. 48.

Lorsque $p > 1$, la solution n'a plus le même ordre d'indétermination. Désignons par Δ_{2p} la puissance fonctionnelle $p^{\text{ième}}$ de l'opérateur Δ_2, et inscrivons entre crochets les opérations sur $[V_n]$. Les dérivées tensorielles d'une fonction φ seront désignées par $\varphi_{\alpha\beta\gamma\ldots}$. $[\Delta_{2p}\rho f]$ se calcule par application récurrente de l'opérateur [1]

$$(1) \qquad [\Delta_2\varphi] = \lambda^2\Delta_2\varphi - (n-2)\lambda\lambda_\alpha\varphi_\alpha$$

sur l'identité

$$(2) \qquad [\Delta_2\rho f] = \lambda^2\rho\,\Delta_2 f + A^{1,\alpha} f_\alpha + B^1 f,$$

où l'on a

$$(3) \qquad \begin{cases} A^{1,\alpha} = 2\lambda^2\rho_\alpha - (n-2)\lambda\rho\lambda_\alpha \\ B^1 = \lambda^2\Delta_2\rho - (n-2)\lambda\lambda_\alpha\rho_\alpha. \end{cases}$$

D'une manière générale, posons

$$(4) \qquad [\Delta_{2r}\rho f] = \lambda^{2r}\rho\,\Delta_{2r} f + A^{r,\alpha}\Delta_{2r-2} f_\alpha + B^r\Delta_{2r-2} f + C^{r,\alpha\beta}\Delta_{2r-4} f_{\alpha\beta} + \ldots,$$

les dérivées non écrites étant de l'ordre $2r-3$ au plus. Pour répondre à la question, il faut et il suffit que les termes du deuxième membre, autres que le premier, disparaissent pour $r = p$. En remarquant que l'assimilation de $(\Delta_{2r}f)_\alpha$ et $\Delta_{2r}f_\alpha$ n'introduit que des dérivées d'ordre $\leqq 2r-1$, on déduit immédiatement de (1) et (4) la relation de récurrence

$$A^{r+1,\alpha} = \lambda^2 A^{r,\alpha} + 2\lambda^{2r+2}\rho_\alpha + (4r - n + 2)\lambda^{2r+1}\rho\lambda_\alpha,$$

donc

$$A^{p,\alpha} = 2p\lambda^{2p+2}\rho_\alpha + 2p\left(p - \frac{n}{2}\right)\lambda^{2p+1}\rho\lambda_\alpha.$$

La condition $A^{p,\alpha} = 0$ donne, à un facteur constant près,

$$(5) \qquad \rho = \lambda^{\frac{n}{2}-p}.$$

Il vient alors $A^{r,\alpha} = 2r(r-p)\lambda^{\frac{n}{2}-p+2r-1}\lambda_\alpha$; si l'on tire de (1) appliqué à (4), les relations de récurrence supplémentaires pour B^r et $C^{r,\alpha\beta}$, on obtient enfin, pour $r = p$:

$$B^p = p\left(\frac{n}{2} - 1\right)\lambda^{\frac{n}{2}+p+1}\Delta_2\lambda + p\left[\frac{p^2-1}{3} - \frac{n(n-2)}{4}\right]\lambda^{\frac{n}{2}+p}\Delta_1\lambda,$$

$$C^{p,\alpha\beta} = -\frac{2p(p^2-1)}{3}\lambda^{\frac{n}{2}+p+1}\lambda_{\alpha\beta}.$$

---

[1] Conformément aux notations habituelles du calcul tensoriel, les signes Σ des compositions sont omis.

Ceci posé, $f_{ii\ldots ij}$ désignant une dérivée d'ordre $2p-2$, où i et j sont deux indices donnés, son coefficient dans l'expression de $[\Delta_{2p}\rho f]$ est $2C^{p,ij}$ si $i \neq j$ (car $f_{ii\ldots ji}$ ne diffère de cette dérivée que par des dérivées d'ordres moindres); c'est $B^p + C^{p,ii}$ si $i=j$. L'identité à zéro de ces deux coefficients donne

$$(6)\quad \begin{cases} \lambda_{ij} = 0 \quad \text{si} \quad i \neq j, \\ \dfrac{2p(p^2-1)}{3}\lambda_{ii} = \left(\dfrac{n}{2}-1\right)\Delta_2\lambda + \left[\dfrac{p^2-1}{3} - \dfrac{n(n-2)}{4}\right]\dfrac{\Delta_1\lambda}{\lambda}. \end{cases}$$

λ_{ii} est donc indépendant de i. Posant $\lambda_{ii} = u$, on a $\Delta_2\lambda = nu$, et si ([1]) $\dfrac{p^2-1}{3} - \dfrac{n(n-2)}{4} \neq 0$, (6) entraîne :

$$(7)\quad \begin{cases} \lambda_{ij} = \varepsilon_{ij} u, \\ \Delta_1\lambda = 2\lambda u. \end{cases}$$

D'ailleurs la dérivation de la deuxième ligne de (7), compte tenu de la première, donne $u = \text{const.} = C$. Les représentations conformes cherchées sont donc fournies par le système (7), où u est une constante arbitraire. On démontre d'ailleurs par récurrence que les intégrales de ce système répondent effectivement à la question. Remarquons que l'on a encore :

$$\Delta_2\lambda = \frac{n}{2}\frac{\Delta_1\lambda}{\lambda}.$$

Il est également remarquable que, seul, ρ dépend de l'entier $p (p > 1)$.

Il est clair que (7) n'est pas nécessairement intégrable, pour $u \neq 0$. Les représentations conformes en question ont encore la propriété que les symboles de Riemann de $[V_n]$ sont proportionnels à ceux de V_n, dans le rapport λ^2. D'ailleurs pour $n > 2$, cette proportionnalité est caractéristique des représentations conformes (7). Si V_n est euclidienne, $[V_n]$ l'est aussi, et ces représentations conformes constituent alors le groupe des déplacements, homothéties et inversions.

Signalons enfin que les V_3 non euclidiennes qui admettent de telles représentations conformes, autres que la solution banale $\lambda = \text{const}$, sont celles qui sont applicables sur $dx^2 + x^2 f(y, z, dy, dz)$. On a alors $\lambda = \dfrac{C}{2}x^2$, et la représentation conforme en question revient à changer x en $\dfrac{2}{Cx}$, de sorte que la variété obtenue est applicable sur la première.

([1]) $\dfrac{p^2-1}{3} - \dfrac{n(n-2)}{4}$ ne s'annule que dans des cas tout à fait exceptionnels comme $p=13$, $n=16$; $p=181$, $n=210$, etc.; il semble peu probable qu'à ces cas exceptionnels correspondent des représentations conformes particulières.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Le calcul des conditions du choc binaire dans le problème des trois corps.* Note de M. **Kivéliovitch**, présentée par M. Hadamard.

Je désire indiquer sommairement dans cette Note le calcul des deux conditions du choc binaire qui ont été déduites dans une Communication antérieure [1].

On démontre facilement que ces conditions se présentent sous la forme

$$\text{(I)} \qquad \omega_i = P\zeta_i + Q x'_i + R p'_i \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où

$$P = \sum_0^\infty p_{2n+1} u^{2n+1}, \qquad Q = \sum_3^\infty q_{2n+1} u^{2n+1}, \qquad R = \sum_1^\infty r_{2n} u^{2n},$$

les p_j, q_j, r_j sont des fonctions paires en ζ_i, x'_i et p'_i, et invariables par la substitution circulaire des indices $i = 1, 2, 3$.

Ces coefficients se calculent de proche en proche comme je l'ai indiqué dans ma Note précédente, soit

$$p_1 = -\frac{\mu}{\zeta}, \qquad p_3 = -\frac{\mu}{3!\,\zeta}\left[(2\mu\mu'' + \mu'^2)\Sigma(p'_i)^2 - 2\mu\frac{\alpha' + \alpha''}{r'} - 2\mu E\right], \qquad \ldots,$$

$$r_2 = \frac{\mu\mu'}{2!}, \qquad r_4 = \frac{\mu\mu'}{4!}\left[(8\mu\mu'' + \mu'^2)\Sigma(p'_i)^2 - 8\mu\frac{\alpha' + \alpha''}{r'} - 8\mu E\right], \qquad \ldots.$$

En éliminant u entre les trois équations (I) on trouve les deux conditions du choc. Pour rendre le calcul plus symétrique, il suffit de résoudre les équations (I) par rapport à P, Q et R. En utilisant les intégrales des aires on trouve (les constantes des aires étant a_1, a_2, a_3) :

$$\text{(II)} \qquad P = \frac{\Sigma a_i \omega_i}{\Sigma a_i \zeta_i}, \qquad Q = \frac{\Sigma a_i x'_i}{\Sigma a_i \zeta_i}, \qquad R = \frac{\Sigma a_i p'_i}{\Sigma a_i \zeta_i}$$

(pour abréger l'écriture désignons les deuxièmes membres respectivement par α, β et γ).

De la valeur de P on peut tirer u en fonction de α; ce sera une série développée suivant les puissances impaires de α. En substituant cette valeur de u, dans les deux autres équations (II), on trouve finalement les deux

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 116-118.

conditions cherchées développées suivant les puissances croissantes de α, savoir $Q = \beta$ suivant les puissances impaires et $R = \gamma$ suivant les puissances paires de α :

$$\text{(III)} \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta = \dfrac{q_7}{(p_1)^7}\alpha^7 + \left[\dfrac{q_9}{(p_1)^9} - \dfrac{q_7}{(p_1)^{10}}\right]\alpha^9 + \ldots \\ \gamma = \dfrac{r_2}{(p_1)^2}\alpha^2 - \dfrac{2p_3 r_2}{(p_1)^5}\alpha^4 + \left\{\left[\dfrac{6(p_3)^2}{(p_1)^8} - \dfrac{2p_5}{(p_1)^7}\right] r_2 - \dfrac{4p_3}{(p_1)^7} r_4 + \dfrac{r_6}{(p_1)^6}\right\}\alpha^6 + \ldots \end{array} \right.$$

Comme application, considérons le cas où, pour u suffisamment petit, on néglige les puissances à partir de u^7 : on trouve $\beta = 0$, c'est-à-dire $\Sigma a_i p'_i = 0$. Si l'on choisit comme plan des xOy le plan du maximum des aires, soit $a_1 = a_2 = 0$, on trouve $p'_3 = 0$; donc p'_3 est de l'ordre de u^7 ou de $t^{\frac{7}{3}}$: c'est le résultat qui a été trouvé par M. Chazy [1].

Si l'on veut revenir aux variables primitives, il suffit de remplacer, dans les équations (III), ξ_i par $x_i\Sigma(p_i)^2 - 2p_i\Sigma x_i p_i$ et ω_i par $\dfrac{p_i}{\Sigma(p_i)^2}$.

MÉCANIQUE. — *Sur la réduction du problème plan d'élasticité à une équation intégrale de Fredholm.* Note de M. **V. Fock**, présentée par M. Mesnager.

Supposons qu'il s'agisse de résoudre le problème plan d'élasticité pour un domaine fini D', dans le plan de la variable complexe z, limité par un contour C'. Soit $z = f(\zeta)$ la fonction définissant une transformation conforme de D' sur un domaine D, dans le plan ζ, limité par un cercle C de rayon un, ayant pour centre l'origine. Posons $\zeta = e^{i\mu}$, $\mu = \sigma + i\tau$ et soient

$$\Phi = \widehat{\sigma\sigma}, \qquad R = \widehat{\tau\tau}, \qquad U = \widehat{\sigma\tau} = \widehat{\tau\sigma}$$

les tensions normales et tangentes. Le problème en question a été réduit par M. Kolossoff [2] à celui de déterminer deux fonctions $w(\zeta)$ et $F(\zeta)$, liées à Φ, R, U par les relations

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} [2U + i(\Phi - R)]\left|\dfrac{df}{d\mu}\right|^2 = -\dfrac{i}{2}\bar{f}\dfrac{df}{d\mu}\dfrac{dw}{d\mu} - \dfrac{i}{2}\left(\dfrac{df}{d\mu}\right)^2 F, \\ R + \Phi = u, \qquad w = u + iv \quad (^3), \end{array} \right.$$

(1) *Annales de l'École Normale,* 3e série, **39**, 1922, p. 29-130.

(2) *Sur l'application de la variable complexe au problème plan d'élasticité* (en russe); Dorpat, 1909, p. 16.

(3) $\bar{f} = f_1 - if_2$ est la quantité conjuguée à $f = f_1 + if_2$.

et holomorphes dans D, de façon que U et R prennent des valeurs données sur le contour.

Soit s l'arc du cercle C; on a $s = \mu$ sur C. En désignant par l'indice s la valeur d'une fonction sur C, on tire de (1)

$$(2)\qquad A(s) = 4(R_s - iU_s)\frac{df_s}{ds} = f_s\frac{d\overline{w}_s}{ds} + 2u_s\frac{df_s}{ds} + \overline{F}_s\frac{d\overline{f}_s}{ds}.$$

Si l'on multiplie les deux membres de (2) une fois par ds et une autre fois par $\overline{f}_s ds$ et si l'on intègre de 0 à 2π, on obtient deux équations qui exigent que la somme géométrique des forces appliquées au contour et la somme géométrique de leurs moments s'annulent.

Posons avec M. Hilbert [1] $\mathrm{MW} = \frac{i}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cot\frac{s-\sigma}{2}\,W\,d\sigma$, W étant une expression complexe quelconque sur C, et cherchons la valeur de l'expression $\Psi_s = \frac{1}{2}[\mathrm{MA}(s) + A(s)]$. [On remarque que Ψ_s est la valeur sur C d'une fonction $\Psi(\zeta)$ holomorphe dans D]. En s'appuyant sur les propriétés bien connues de l'opération MW, on trouve, après une intégration par parties,

$$(3)\qquad \frac{i}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\partial}{\partial s}\left[\cot\frac{s-\sigma}{2}(f_\sigma - f_s)\right]u_\sigma d\sigma + \left(w_s - i\overline{\overline{v}}\right)\frac{df_s}{ds} = \Psi_s,$$

(les deux traits désignant la valeur moyenne d'une fonction sur C). Posons

$$(4)\qquad \begin{cases} i\dfrac{ds}{df_s}\dfrac{\partial}{\partial s}\left[\cot\dfrac{s-\sigma}{2}(f_\sigma - f_s)\right] = K(s,\sigma) + iK'(s,\sigma) \\ \Psi_s\dfrac{d_s}{df_s} = \varphi_s = \varphi_{1s} + i\varphi_{2s} \end{cases}$$

La formule (4) et celle qu'on obtient en y remplaçant sous le signe $\int u_\sigma$ par $-iv_\sigma$ et en ajoutant au premier membre $\left(\overline{\overline{u}} + i\overline{\overline{v}}\right)\frac{df_s}{ds}$ donnent

$$(\mathrm{I})\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}K(s,\sigma)u_\sigma d\sigma + u_s = \varphi_{1s};$$

$$(\mathrm{II})\qquad -\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}K(s,\sigma)v_\sigma d\sigma + v_s = \varphi_{2s}.$$

---

(1) DAVID HILBERT, *Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen*, éd. Teubner, 1912, p. 86.

Ces deux équations sont de la forme

$$(5) \qquad g(s) = h(s) + \frac{\lambda}{2\pi}\int_0^{2\pi} K(s, \sigma)\, g(\sigma)\, d\sigma.$$

On vérifie aisément : 1° que $\lambda = 1$ est une valeur singulière, 2° que la fonction fondamentale correspondante est l'unité, et 3° que la solution de l'équation homogène associée est la fonction toujours positive

$$(6) \qquad b(s) = -\frac{1}{4Q}\int_0^{2\pi} \cot\frac{s-\sigma}{2}\,\frac{\partial}{\partial\sigma}|f_\sigma - f_s|^2\, d\sigma$$

où Q est l'aire du domaine D'.

De plus, on peut affirmer : 1° que $\lambda = -1$ n'est pas une valeur singulière et 2° que $\lambda = +1$ ne l'est plus pour (5) si l'on y remplace $K(s, \sigma)$ par

$$K_1(s, \sigma) = K(s, \sigma) - b(\sigma),$$

car autrement les équations du problème plan d'élasticité admettraient une solution différente de zéro, les forces appliquées au contour étant nulles.

Cela démontre que la condition $\int_0^{2\pi} \varphi_{2s}\, b(s)\, ds = 0$, qui est d'ailleurs vérifiée toutes les fois que la somme géométrique des moments des forces est nulle, est nécessaire et suffisante pour l'existence d'une solution de (I) et (II); la fonction u_s se détermine d'une manière unique et v_s à une constante près.

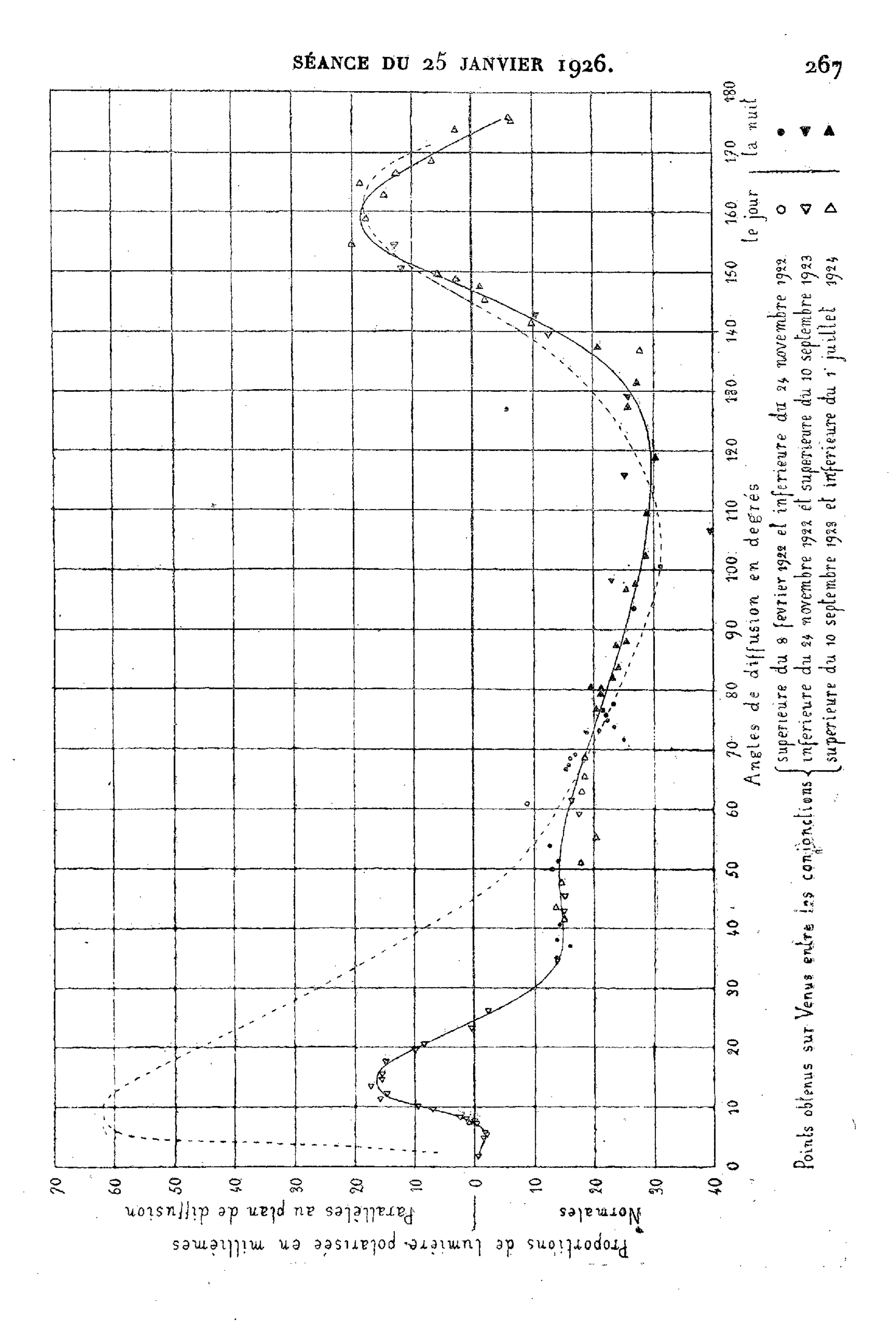
Observons que toutes les fois que $f(\zeta)$ est une fonction rationnelle en ζ, le noyau $K(s, \sigma)$ se décompose en un nombre fini de termes de la forme $h(s)\,g(\sigma)$, et la solution de (I) et (II) devient alors particulièrement simple.

La méthode peut être étendue à certains cas d'un domaine infini.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation de la planète Vénus.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Deslandres.

J'ai donné précédemment [1] les premiers résultats d'une étude de la polarisation de Vénus, commencée au mois de mai 1922. Les observations effectuées depuis cette époque, ont montré qu'elle varie avec les conditions

[1] *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1015.


Angles de diffusion en degrés
le jour
la nuit
Points obtenus sur Venus entre les conjonctions
superieure du 8 fevrier 1922 et inferieure du 24 novembre 1922
inferieure du 24 novembre 1922 et superieure du 10 septembre 1923
superieure du 10 septembre 1923 et inferieure du 1 juillet 1924
Proportions de lumière polarisée en millièmes
Normales
Parallèles au plan de diffusion

d'éclairement suivant une loi régulière, représentée par la courbe en trait plein de la figure.

Cette courbe est relative aux régions centrales de la planète. L'angle de diffusion, porté en abscisse, est défini comme étant la distance angulaire de la Terre et du Soleil vus de Vénus; cet angle passe par toute la série des valeurs comprises entre 2° et 176° environ au cours de chaque période limitée par deux conjonctions successives. Les observations portent sur trois de ces périodes, et les polarisations trouvées au cours de chacune d'elles, sont représentées par des points de formes différentes dont les centres sont blancs ou noirs suivant que les mesures correspondantes ont été faites le jour en compensant la polarisation atmosphérique ou la nuit. Ces six sortes de points sont mêlés en plusieurs endroits et, à part quelques irrégularités accidentelles, ils s'écartent peu d'une même courbe. On peut en conclure que les différents côtés de la planète ont très sensiblement la même constitution physique et que celle-ci n'a pas subi de changement appréciable au cours des observations ([1]).

Des résultats nouveaux ont été obtenus au printemps 1924 avec la grande lunette de l'observatoire de Meudon sur les cornes du croissant. Celle-ci présentèrent lorsque l'angle de diffusion dépassa 85°, une polarisation supérieure, en valeur absolue, à celle du centre. La différence, maxima près des pointes, atteignit 8 millièmes à un demi-rayon de ces dernières puis elle s'inversa pour l'angle de 133°. Pendant toute cette période, le plan de polarisation, parallèle à la ligne des cornes, vers le centre, subissait près de leurs extrémités des déviations inverses dont la valeur à un quart de rayon de celles-ci, resta voisine de 4 à 5°. Leur sens était tel qu'en s'écartant du centre, le plan de polarisation tournait en sens inverse du rayon, alors que sur la Lune il s'est toujours montré le même en tous points à moins d'un demi-degré près.

L'explication des polarisations trouvées sur Vénus doit, semble-t-il, être cherchée par comparaison avec celles que donnent les nuages de gouttelettes d'eau. Les résultats dépendent à la fois de l'épaisseur du nuage et de la grosseur des gouttes. La courbe tracée en pointillé a été obtenue avec des gouttelettes produites par la détente d'air humide dans un ballon; elles présentaient dans la direction de la source, une vive couleur d'interférence verte, ce qui permet de leur assigner un diamètre assez constant et voisin de $4^{\mu},5$.

([1]) Il n'en a pas toujours été ainsi sur Mars, en particulier en décembre 1924 et janvier 1925 (Voir *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1645).

Les proportions de lumière polarisée trouvées ont été divisées par 3,5 pour les ramener à la valeur qu'elles devraient avoir dans le cas d'un nuage très épais (¹).

Les deux courbes présentent une grande analogie de formes, qui n'a pas été retrouvée avec des gouttelettes de grosseur différente ni avec d'autres substances : solides, poudres, brouillards de glace et fumées; cependant leurs divergences pour les petits angles restent à expliquer.

POLARIMÉTRIE. — *Étude polarimétrique de dimolybdomalates minéraux et organiques. Sur une application de la loi d'Oudemans.* Note de MM. **E. Darmois** et **P. Gabiano**, présentée par M. A. Cotton.

Dans diverses publications, l'un de nous a étudié les propriétés des complexes formés par l'acide molybdique et l'acide malique. Les dimolybdomalates de Na et d'Am en particulier ont été obtenus cristallisés et l'on a pu montrer que leur poids moléculaire répondait à la formule

$$4MoO^3, 2C^4H^4O^5M^2, xH^2O,$$

où M désigne le métal alcalin. Pour généraliser les résultats obtenus avec la soude et l'ammoniaque nous avons étudié la neutralisation de l'acide complexe par d'autres bases et comparé les pouvoirs rotatoires des sels formés.

La méthode employée est celle qui a servi déjà pour la soude. Avec une solution de l'acide complexe $2MoO^3$, $C^4H^6O^5$, on prépare une série de solutions contenant toutes dans 50^{cm^3} une même quantité de cet acide et une quantité croissante de la base étudiée. Celle-ci est ajoutée, soit directement (K, Ba, bases organiques), soit sous forme d'oxyde fraîchement précipité (Cu, Ni), soit sous forme de carbonate (Li, Ca). On mesure la rotation α_{2dm} du liquide pour les raies du mercure. Cette rotation croît d'abord avec la quantité de base, passe par un maximum, puis décroît rapidement. La courbe des (α), en fonction de la quantité de base utilisée, présente en même temps pour toutes les couleurs une cassure très nette, dont l'abscisse correspond dans tous les cas étudiés à un sel de même type que celui d'Am.

(¹) Ce chiffre est déduit de l'étude de solutions colloïdales de résines; celles-ci ont donné lorsqu'elles étaient entièrement opaques, des courbes de même forme que lorsqu'elles étaient très diluées, mais avec des polarisations 3 à 4 fois plus faibles pour tous les angles de diffusion.

Pour toutes les bases, en partant de la solution la plus active, nous avons ainsi pu obtenir à l'état cristallisé les sels de Li, K, Ba, Ca, méthylamine, diéthylamine, aniline, *p*-toluidine. Les sels de Cu et de Ni n'ont pu être obtenus cristallisés jusqu'ici. Les bases organiques secondaires et tertiaires donnent en général des composés trop peu solubles. Les nombres de molécules d'eau de cristallisation varient d'un sel à l'autre; quelques-uns sont donnés dans le tableau suivant :

Sel.......	Li.	Am.	Na.	K.	Ca.	Ba	Aniline.
x.......	12	5	9	5	18	12	1

Ces sels sont, en général, efflorescents à la température ordinaire; ils perdent régulièrement leur eau de cristallisation après une demi-heure de chauffage à 100°.

Le pouvoir rotatoire de tous ces sels varie de la même façon avec la concentration; il diminue en solution étendue. Les deux tableaux suivants donnent cette variation pour les deux sels d'Am et de Ca, pour la température de 20° et pour la raie verte du mercure.

*Sel d'*Am.

C.....	0,01.	0,025.	0,05.	0,1.	0,25.	0,5.	
$(\alpha)_v$.....	62,5	113	153	180	212	224,0	
C.....	1.	2.	5.	10.	20.	30.	40.
$(\alpha)_v$.....	237,0	243,5	250,3	253,8	255,5	256,0	256,5

Sel de Ca.

C.....	1.	2,01.	5,04.	10,1.	20,15.	30,25.	49,80.
$(\alpha)_v$.....	181	191,5	198,3	200,0	201,8	202,8	204,6

Nous avons comparé les pouvoirs rotatoires moléculaires $(M)_v$ de tous les sels ainsi préparés. Pour le calcul de $(M)_v$, on utilise généralement les pouvoirs rotatoires spécifiques pour des solutions étendues, sous prétexte que c'est dans ces solutions que l'ionisation est complète. Ce procédé est impossible à employer ici; les sels sont très probablement décomposés en solution étendue, comme le montre la variation énorme de $(\alpha)_v$ pour le sel d'Am. Il est indiqué de construire la courbe de $(M)_v$ en fonction de la concentration moléculaire $\left(\frac{C}{M}\right)$ et de comparer les différents sels à des concentrations moléculaires correspondantes, en attachant une importance par-

ticulière aux concentrations élevées, où l'on a des chances d'approcher le vrai pouvoir rotatoire du sel. Le tableau suivant donne quelques valeurs de $(M)_v$ relevées sur les courbes :

Sel.	$(M)_v$ pour $\frac{C}{M} \cdot 10^3$ égal à							
	0,5.	1.	1,5.	2.	5.	10.	20.	40.
Li.......	″	2350	″	2430	2485	2520	2532	2545
Am......	2245	2380	″	2435	2505	2542	2560	2570
Na.......	″	2340	″	2415	2490	2535	2555	2560
K........	″	2380	″	2435	2505	2535	2550	2560
Ca......	″	2310	″	2405	2475	2500	2520	2550
Ba.......	2220	2330	2390	2415	2480	″	″	″
Aniline...	2250	2350	2405	″	″	″	″	″

La loi d'Oudemans (constance de la rotation moléculaire) se vérifie donc assez bien pour toute la série; les différences de $(M)_v$ pour la concentration 40 sont de l'ordre des erreurs d'expérience; il est vraisemblable que l'on aurait des nombres analogues pour les sels de Ba et d'aniline, peu solubles. Quelle que soit la base, même faible (ammoniaque, aniline), le pouvoir rotatoire moléculaire est le même; il caractérise l'anion

$$[4\,MoO^3,\ 2\,C^4H^6O^5]^{\cdots}$$

et l'état d'ionisation de ces sels, en solution concentrée, doit être le même. On admet assez généralement aujourd'hui que l'ionisation des sels est complète.

On peut vérifier de même que la dispersion rotatoire de ces sels est la même. Nous avons déterminé, pour les concentrations 30, 40, 50 suivant les solubilités, les rapports de dispersion $\frac{(\alpha)_v}{(\alpha)_J}$ et $\frac{(\alpha)_I}{(\alpha)_J}$ (I et J, raies indigo et jaune du mercure). Pour tous les sels étudiés, ces rapports sont respectivement 1,161 ($\pm$ 0,001) et 2,274 ($\pm$ 0,002) à 20°. Ils sont également caractéristiques de l'anion ci-dessus et on les retrouve même pour les solutions des sels de cuivre et de nickel où les cations sont colorés. Ces rapports varient fort peu avec la concentration et sont pratiquement les mêmes, aux erreurs près, pour $C = 2$ et pour $C = 40$.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *L'absorption de résonance dans le domaine des rayons X.* Note de M. **V. Posejpal.**

Les travaux de M. Barkla, de M. de Broglie et de M. Auger ont prouvé que, dans l'effet photo-électrique des rayons X, l'émission secondaire d'énergie électronique est plus grande et celle d'énergie électromagnétique plus petite que ne le donnent les calculs basés sur la loi d'Einstein. On peut, ainsi que je l'ai montré (*Soc. roy. des Sc. de Bohême*, 1925), rétablir la concordance entre l'expérience et la théorie de l'effet photo-électrique en admettant l'absorption de résonance dans les premiers membres des séries spectrales des rayons X. En effet, ces séries ont le caractère des séries d'absorption. L'atome normal ne peut y présenter l'absorption par les raies, mais l'atome ionisé ou excité à ses niveaux internes doit le faire, surtout tant qu'il s'agit du premier membre de chaque série.

Contrôle expérimental. — Je me suis servi de la série K du tungstène. Une feuille de tungstène a été interposée entre la fente d'un spectrographe Seemann et la plaque photographique, de manière à couvrir le spectre ainsi obtenu par une bande centrale absorbante. J'ai mesuré, au moyen d'un microphotomètre, les densités dans les raies α_2, α_1, β_1 ainsi que dans les autres quatre positions spectrales se trouvant à proximité de ces lignes, et dont les longueurs d'onde λ, peu différentes d'une plaque à l'autre, ont été évaluées avec un petit comparateur. Ces mesures m'ont permis de trouver le coefficient massique d'absorption, $\mu:\rho$, au facteur γ près de la formule $D = A + \gamma \log E$, qui relie la densité D à l'éclairement E.

J'ai déterminé ce facteur pour chaque plaque, en admettant pour le spectre continu l'égalité $\frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu_0}{\rho}$, $\frac{\mu_0}{\rho}$ étant calculé d'après la formule de Bragg et Peirce. Ayant ainsi γ, j'ai déterminé $\mu:\rho$ pour les raies α_2, α_1, β_1. Le Tableau I contient les résultats. La première colonne donne la raie en question et sa longueur d'onde; la deuxième, le coefficient massique d'absorption $\mu:\rho$, tel qu'il a été obtenu sur la plaque : *a*, feuille absorbante, $0^{mm},2$; *b*, $0^{mm},2$; *c*, $0^{mm},1$; *d*, feuille absorbante, $0^{mm},1$ se trouve à quelques millimètres seulement de la plaque. La troisième colonne donne le coefficient $\mu_0:\rho$, calculé en posant pour la dispersion $\sigma:\rho = 0,2$. Les quatrième et cinquième colonnes apportent, d'une manière analogue, les coefficients

massiques d'absorption de fluorescence $\tau:\rho$ et $\tau_0:\rho$. La sixième colonne donne enfin le rapport $\frac{\tau}{\rho}:\frac{\tau_0}{\rho}$, pour chaque raie et chaque plaque séparément, ainsi que la moyenne pour chaque ligne. Cette colonne montre nettement que l'absorption de la raie β_1 est, dans les limites de précision de nos mesures, égale à sa valeur calculée, c'est-à-dire que l'absorption de la raie β_1 est normale.

Pour les raies α_2 et α_1 on a, au contraire, des valeurs anormalement élevées, cinq à six fois, en moyenne, plus grandes que ne les donne le calcul. On a donc, pour ces raies, une forte absorption sélective, ce qu'on peut facilement comprendre en admettant l'existence d'une absorption de résonance de ces mêmes raies toutes les fois qu'une ionisation, ou excitation de l'atome, a lieu aux niveaux L_2 et L_3. Le Tableau II montre que la valeur $\frac{\tau'}{\rho}\left(=\frac{\tau}{\rho}-\frac{\tau_0}{\rho}\right)$, exprimant l'augmentation d'absorption des raies α sur l'absorption normale, est plus grande pour la raie α_1 que pour la raie α_2. Un raisonnement simple, basé sur l'admission d'une absorption de résonance, montre que ces valeurs doivent être, en première approximation, dans le rapport des nombres des électrons, présents normalement sur les niveaux L_3 et L_2. Or on a, d'après M. Stoner, 4 électrons sur L_3 et 2 électrons sur L_2, ce qui donne le rapport $\left(\frac{\tau'}{\rho}\right)_{\alpha_1}:\left(\frac{\tau'}{\rho}\right)_{\alpha_2}=2$.

Malgré la précision insuffisante de mes mesures, la troisième colonne du Tableau II laisse voir au moins une tendance des résultats obtenus vers le nombre théorique.

Tableau I.

λ Å.	$\frac{\mu}{\rho}$ mes. a.	b.	c.	d.	$\frac{\mu_0}{\rho}$ calc. Bragg-Peirce.	$\frac{\tau}{\rho}=\frac{\mu}{\rho}-0,2$ mes. a.	b.	c.	d.
α_2 = 0,21348....	0,375	0,461	0,410	0,308	0,240	0,175	0,261	0,210	0,108
α_1 = 0,20867....	0,404	0,532	0,417	0,433	0,238	0,204	0,332	0,217	0,233
β_1 = 0,18426....	0,228	0,218	0,229	0,254	0,226	0,028	0,018	0,029	0,054

λ Å.	$\frac{\tau_0}{\rho}=\frac{\mu_0}{\rho}-0,2$ calc. Bragg-Peirce	$\frac{\tau}{\rho}:\frac{\tau_0}{\rho}$. a.	b.	c.	d.	Moyenne.
α_2 = 0,21348...	0,040	4,4	6,5	5,3	2,7	4,7
α_1 = 0,20867...	0,038	5,4	8,7	5,7	6,1	6,5
β_1 = 0,18426...	0,026	1,1	0,7	1,1	2,1	1,2

TABLEAU II.

	$\frac{\tau'}{\rho}=\frac{\tau}{\rho}-\frac{\tau_0}{\rho}$.				$\left(\frac{\tau'}{\rho}\right)_{\alpha_1}:\left(\frac{\tau'}{\rho}\right)_{\alpha_2}$.				
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	Moyenne.
α_2..	0,135	0,221	0,170	0,068	1,23	1,33	1,06	2,86	1,62
α_1..	0,166	0,294	0,179	0,195					

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un lit de houille dans les terrains métamorphiques au sud de Limoges.* Note de M. JEAN GANDILLOT.

Dans les courses que je poursuis en Limousin, j'ai reconnu l'existence au sud de Limoges d'un affleurement de houille. Cet affleurement se rencontre au milieu d'un massif éruptif désigné sur la carte sous le nom de leptynite, et est séparé de ce dernier, par une mince bande de schistes métamorphiques. L'étude microscopique de ces diverses roches donne les résultats suivants :

Le massif éruptif est en réalité constitué par un granite monzonitique à biotite dont le feldspath potassique est du microcline et qui est structuralement déformé par écrasement ; les schistes métamorphiques qui se trouvent entre cette roche et la houille ont une puissance d'une dizaine de mètres; ils montrent des lits de quartz déformés eux aussi par écrasement et alternant avec de la séricite en grandes lames et de la matière charbonneuse en quantité déjà importante.

Quartz séricite et charbon forment à eux seuls la roche qui n'est pas une roche clastique mais un schiste cristallin.

Il est intéressant de constater que l'on ne rencontre pas de roche sédimentaire ayant conservé sa structure initiale.

Quant à la houille elle-même, elle se présente suivant une orientation SSE-NNW, celle des plis armoricains de la région. J'ai pu en repérer l'affleurement à des points distants de 150^m environ, la puissance de la houille ne dépassant pas 8 à 10^{cm}.

Ce charbon d'une densité faible, d'une cassure brillante, a donné à l'analyse les résultats suivants :

Carbone fixe	58,23	pour 100
Matières volatiles	29,70	»
Humidité	1,82	»
Cendres	9,85	»
Soufre	0,40	»
Pouvoir calorifique	6048	calories.

Aucune trace d'organisme fossile n'ayant jamais été trouvée, l'âge de cette houille est donc indéterminé comme son importance d'ailleurs, mais le fait certain est la présence d'anciennes roches sédimentaires à aspect de schiste cristallin renfermant de la houille.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des montagnes entre Montalban et le littoral de la province de Castellon (Espagne).* Note de MM. **P. Fallot** et **R. Bataller**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous avons montré que les plis de la bordure est et sud-est du vaste massif crétacé qui s'étend de Tortosa à Montalban et Castellon témoignent d'une poussée SE-NW, mais que dans le massif d'Alcorisa les accidents sont poussés du Sud au Nord, et qu'entre Alcorisa et Gargalló, ils subissent une torsion qui leur fait épouser la direction NW-SE des plis de la bordure nord-est de la Meseta (1). Dès le sud de Montalban les plis affectent presque uniquement la puissante série de Calcaires à *Toucasia*, de couches continentales et de niveaux à Orbitolines qui forme le Crétacé inférieur. Ce n'est que localement que des lambeaux de Cénomanien, de Maëstrichtien ou de Tertiaire y ont été conservés.

I. *Région de Montalban-Utrillas.* — Dès l'ouest de Gargalló, réapparaissent, comme dans le massif d'Alcorisa, des plis orientés E-W, qui s'étendent jusqu'à Portalrubio par la région minière célèbre d'Utrillas. M. H. Joly (2) y avait décrit, au sud de Montalban, des charriages poussés du Sud au Nord, abordant en biseau les plis de la chaîne bordière de la Meseta qui limite au Sud-Ouest le bassin de l'Èbre. Nous sommes d'accord avec lui en ce qui concerne la direction de poussée, mais nous croyons devoir préciser qu'elle ne peut s'observer que sur une longueur de 35^{km}, de Castel de Cabra à Portalrubio, et sur une largeur de 10 à 15^{km}. De plus, l'étude de six coupes transversales réparties sur un front de 17^{km} de la bordure nord du massif crétacé, nous fait estimer qu'il n'y a pas ici de charriages au sens étroit du terme. Tous les contacts anormaux observés peuvent s'interpréter comme des plis-failles ou des plis faiblement déversés ou couchés, en un mot comme dus à des phénomènes strictement locaux, sur la bordure sud de l'étroit

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 226.
(2) H. Joly, *Sur l'existence de phénomènes de charriage à l'extrémité orientale de la chaîne ibérique, près de Montalban* (*Comptes rendus*, 174, 1922, p. 820).

bassin tertiaire qui s'étend en direction E-W par Vivel del Rio, Montalban, Castel de Cabra, vers Gargallò et Los Olmos. A la zone disloquée bordant ce synclinal, fait suite au Sud le bassin minier proprement dit dont la partie fertile est affectée d'un repli anticlinal connu de Palomar aux mines d'Utrillas et qui se prolonge, ainsi que l'a vu M. Faura y Sans, jusqu'à Portalrubio [1].

Le Crétacé à lignites est recouvert au sud de cet axe secondaire par le Cénomanien (Coquand), dont le large anticlinal de la Meseta de S. Just est principalement formé. Le flanc sud de ce pli s'enfonce doucement sous le Tertiaire détritique ancien et récent occupant une dépression synclinale suivie à peu près par le Val de Jarque et se poursuivant vers l'Est jusqu'au delà d'Aliaga et de Campos où apparaissent nettement les rapports des deux Tertiaires.

L'anticlinal de la Meseta de S. Just est affecté de petits plis de détail déversés au Nord et coupé de petits plis-failles transversaux, de faible rejet. Vers l'Est, entre Palomar et Cirujeda, les axes des plis subissent une torsion et prennent la direction NW-SE. Il en résulte, autour d'Aliaga et de Campos, une série de dômes serrés dont les pendages périphériques atteignent presque à la verticale.

II. *Région Aliaga, Mora de Rubielos, Morella.* — Dès le sud d'Aliaga, les accidents prennent la direction NNW-SSE, et dessinent une série de plis parallèles que nous avons traversés de l'WSW à l'ENE. Ils comportent :

1. A l'est d'Ababuj, une zone anticlinale allongée de la Sierra de las Padreras (ouest d'Aliaga) à Alcala de la Selva. A cette localité le pli devient aigu et fait apparaître du Lias et du Keuper redressés à la verticale.

2. Un large synclinal débutant vers Aliaga et s'évasant vers le Sud. Le massif de Peñarroya (2018^{m}), formé de Crétacé inférieur à Orbitolines, correspond à la partie horizontale des couches du fond de ce pli.

3. Un anticlinal très aigu, sur le prolongement de la ligne des dômes de Campos-Aliaga, suivi par la haute vallée du Rio Guadalope et s'atténuant vers le sud de Villaroya de los Pinares. Les Sierras de la Lastra et de Sotavientos appartiennent à la retombée nord-est de ce pli, et l'incurvation de la dernière d'entre elles traduit l'enfoncement périclinal des couches vers le Sud-Est. Le Crétacé à Orbitolines y supporte du Maëstrichtien.

4. Le synclinal suivant (Altos de la Cañada-Pitarque) montre du Garumnien à Lychnus redressé à la verticale au versant sud-ouest de la Sierra de las Dehesas.

5-8. L'anticlinal aigu de la Sierra de las Dehesas, le synclinal de Cantavieja large de 18^{km}, l'anticlinal aigu de l'ouest de Cinctorres et le large synclinal de Morella qui

(1) Faura y Sans, *Algo sobre los lignitos cretacicos de Portalrubio Teruel* (*Bol. Real. Soc. Española de Hist. Nat.*, 20, 1920, p. 218).

font suite à ces plis vers le Nord-Est, ne comportent ici que les couches rouges et les marnes à Orbitolines du Crétacé inférieur.

Ces étroits anticlinaux aigus séparant de larges synclinaux ne se prolongent vers le Sud-Est que de 40 à 45^{km} et se terminent périclinalement sans atteindre la zone littorale où nous avons mentionné l'existence de plis allongés du Sud-Ouest au Nord-Est. Peut-être, toutefois, les gauchissements irréguliers visibles dans la région de Chert, Cati, S. Matéo, et les accidents du petit bassin de schistes bitumineux oligocènes qui s'étend non loin d'Onda, entre Araya et Ribesalbes, témoignent-ils de l'interférence atténuée des deux systèmes de plis.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1926. Note de MM. **L. Éblé** et **J. Itié**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les observations magnétiques ont été continuées en 1925 à la station du Val-Joyeux, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de Paris, dans les mêmes conditions que les années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1926 résultent des moyennes des valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart le 31 décembre et le 1er janvier et rapportées à des observations absolues faites par l'un de nous les 30 décembre et 2 janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1925.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (latitude : 48°49′16″ ; longitude 2°0′52″ E. Gr.).

	Valeurs absolues pour l'époque 1926,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	11°50′,3	—11′,9
Inclinaison	64°40′,2	+ 2′,1
Composante horizontale	0,19645	—0,00020
» verticale	0,41504	+0,00024
» nord	0,19227	—0,00005
» ouest	0,04030	—0,00071
Force totale	0,45920	+0,00015

BOTANIQUE. — *Méthodes et résultats dans l'hybridation des Lins à fibres.* Note [1] de M. L. BLARINGHEM, présentée par M. L. Guignard.

Les fleurs des Lins sont passagères et fragiles; toutes sont d'une sensibilité exquise; chez certaines espèces, les mutilations résultant de la castration des fleurs déterminent l'autotomie spontanée des boutons [2]. Les sortes cultivées de *Linum usitatissimum* L. et de leur ancêtre sauvage *L. angustifolium* Huds. sont d'ordinaire autofécondées; les étamines mûres, serrées autour des stigmates roulés en torsades, y déposent leur pollen quelques minutes avant l'étalement des corolles; dès que les tubes polliniques ont pénétré dans les stigmates, les pétales tombent au moindre souffle et aussi, quelques heures plus tard, les anthères vides qui ont viré au bleu en se desséchant. Ces particularités traduisent des réactions physiologiques intenses au cours des étapes rapides de la pollinisation et de la fécondation; elles expliquent la difficulté d'obtenir par la fécondation artificielle les nombreuses graines nécessaires à l'étude comparée de la production des fibres des lignées hybrides.

Depuis 1919, je réalise chaque année environ une centaine de pollinisations illégitimes de Lins à fibres et les résultats varient notablement selon les techniques employées; au début de mes études, la moyenne des graines hybrides obtenues d'une fleur artificiellement fécondée était inférieure à 2; en 1925, malgré des conditions climatériques peu favorables, elle a dépassé 8 (maximum possible 10). Les progrès réalisés sont mis en évidence par le Tableau suivant :

	Croisements directs et réciproques.	Fleurs castrées.	Fruits noués.	Ovules fécondés.	Graines par fruit.
1920.	*usitatissimum* + *usitatissimum* ...	81	27	140 + (13)	1 à 9
1920.	*usitatissimum* + *angustifolium* ..	53	23	101 + (4)	1 à 9
1923.	*usitatissimum* + *usitatissimum* ...	171	142	1190 + (84)	4 à 10
1925.	*usitatissimum* + *usitatissimum* ...	54	53	446 + (23)	6 à 10
1925.	*usitatissimum* + *angustifolium* ..	60	49	355 + (22)	2 à 10

La proportion des ovules fécondés, mais vides (chiffres entre parenthèses), en 1920 est plus faible pour les combinaisons interspécifiques que pour les combinaisons de variétés d'*usitatissimum*. Ce résultat inattendu fut confirmé par l'obtention, pour les

(1) Séance du 18 janvier 1926.

(2) L. BLARINGHEM, *Autotomie de fleurs provoquées par des mutilations* (*C. R. Soc. Biol.*, Paris, 85, 30 juillet 1921, p. 440).

premières, d'une moyenne plus élevée de bonnes graines par fruit. Dès cette année, j'eus l'intuition que la pollinisation et la fécondation des Lins exigeaient des conditions spéciales.

En 1920, j'avais castré, isolé, et fécondé 2-3 jours après, plusieurs fleurs d'une même grappe : d'âges différents, chez *usitatissimum* où les grappes sont peu fournies, sensiblement de même âge chez *augustifolium* à grappes lâches et très ramifiées. J'attribuai à cette circonstance les réussites avec cette dernière espèce; il faut castrer les fleurs un jour ou deux *au plus* avant la pollinisation. Toutes les fécondations opérées en 1923 résultent de dépôt de pollen sur les stigmates roulés le lendemain du jour où la castration eut lieu et la proportion des bonnes graines par fruit (7) fut élevée. Une difficulté sérieuse m'obligea à modifier la méthode; pour étudier l'hérédité de caractères végétatifs, tels que la longueur et le nombre des fibres, il faut partir de combinaisons sexuelles de deux individus seulement, et les meilleurs Lins à fibres, donnant peu de fleurs, n'avaient, pour un jour ou deux, qu'une seule fleur à point pour la castration. Les résultats favorables de 1923 fournirent 1190 hybrides qui durent être suivis en 142 lots, bien que le nombre des lignées étudiées fût inférieur à une dizaine.

En 1925, je réalisai la fécondation un quart d'heure après la castration de fleurs sur le point de s'ouvrir. J'avais constaté qu'à Bellevue (S.-et-O.) cette ouverture a lieu entre 6h30m et 7h par matinée chaude, entre 7h30m et 8h par matinée tempérée sèche, entre 8h et 9h par temps couvert ou humide; je profitai du quart d'heure précédant l'ouverture pour castrer. Une autre difficulté s'est présentée; les étamines doivent être fermées pour la castration, bien ouvertes pour la pollinisation; je l'ai tournée en cultivant les lots d'étude parallèlement au plein soleil et à l'ombre; le retard de 20 à 30 minutes de l'ouverture des fleurs à l'ombre laisse une marge suffisante pour la castration et la pollinisation de 20 à 30 fleurs avec du pollen frais.

Le procédé est simple et logique : réaliser la fécondation illégitime en suivant strictement le processus normal, et je ne le présente pas comme une nouveauté. Mais les résultats sont nouveaux; il y a peu d'exemples connus où l'influence de l'état des fleurs au moment de la pollinisation soit établi avec rigueur. Je montrerai ailleurs que les poids des graines formées dans ces conditions est aussi très élevé. En raison du nombre des opérations réalisées dans ces conditions précises, je suis autorisé à attribuer à la divergence spécifique les différences de productions de graines par fruit : 8 à 9 dans les combinaisons de variétés d'*usitatissimum*, 5 à 6 dans les combinaisons d'espèces *angustifolium* + *usitatissimum*.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La croissance du corps et des organes du Pigeon.* Note (¹) de M^lle^ **Laura Kaufman**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons examiné la corrélation morphologique du corps et des organes pendant le développement postembryonnaire du Pigeon afin d'analyser les facteurs intrinsèques de la croissance. Le poids du corps et des organes fut examiné les 1^er^, 3^e^, 5^e^, 7^e^, 9^e^, 11^e^, 13^e^ et 15^e^ jours après l'éclosion; plus tard, tous les 6 jours, le 21^e^ et le 27^e^ jour, aussi bien chez le jeune Pigeon de plus ou moins trois mois que chez le vieux Pigeon âgé au moins d'un an. Nous avons examiné 10 individus de chaque âge, soit au total 120 Pigeons.

La croissance des Pigeons étant plus rapide pendant les premiers jours de leur vie (voir le tableau), la forme en S qui caractérise la courbe de la croissance rapide du poids des Poules et des Canards est un peu effacée chez les Pigeons. Après une période de croissance qui dure à peu près un mois, l'accroissement n'a lieu que très lentement. En prenant comme unité le poids du Pigeon après son éclosion, nous voyons que son poids augmente pendant le premier mois de 22 unités, tandis qu'après les deux mois suivants, il ne s'accroît que de 2,6 unités, et le poids d'un vieux Pigeon est de 4,5 unités plus grand que celui du jeune oiseau de trois mois.

Poids du Pigeon et de ses organes calculés par rapport à leurs poids du premier jour pris comme unité.

Jours.....	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	21.	27.	3 mois.	Vieux pigeon.
Pigeon entier......	1	2,0	4,2	6,2	9,4	11,6	12,7	16,1	21,4	23,0	25,6	30,1
Substance sèche du pigeon entier.....	1	1,8	4,3	7,5	10,8	13,8	15,5	20,8	32,3	35,1	46,9	59,1
Cœur.............	1	2,4	4,7	9,4	12,2	14,2	15,4	17,2	19,1	22,1	28,0	29,3
Foie.............	1	3,2	7,2	12,8	16,6	17,3	18,5	20,5	23,9	22,9	17,9	16,2
Substance sèche du foie............	1	3,5	7,1	13,1	16,1	17,9	18,7	22,3	25,2	25,0	20,6	″
Pancréas..........	1	4,8	12,3	31,7	35,0	46,0	50,1	58,8	70,4	74,1	39,6	35,9
Substance sèche du pancréas.........	1	3,2	9,3	23,8	28,9	37,2	40,6	48,8	60,0	62,2	36,8	″
Reins.............	1	2,2	4,7	7,9	9,8	8,9	11,6	12,6	14,4	14,0	10,4	8,7
Tube digestif.......	1	3,5	8,7	15,4	19,6	27,3	28,2	33,6	36,4	37,7	22,5	″
Cerveau...........	1	1,4	1,9	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	5,1	5,4	6,4	6,7
Yeux.............	1	1,4	1,7	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,6	3,7	4,2	4,7
Muscle pectoral.....	1	″	″	″	″	″	18,5	″	″	″	141,0	166,0

(¹) Séance du 18 janvier 1926.

Afin de résoudre la question de savoir si l'accroissement considérable du poids n'est pas en premier lieu dû à l'augmentation de la teneur en eau, nous avons déterminé la quantité de substance sèche du Pigeon pendant sa croissance. Les chiffres du tableau démontrent que ce n'est que pendant les trois premiers jours que l'accroissement de la matière sèche du Pigeon est un peu moindre que celui de la substance fraîche. Dès la 7e journée, il y a une grande augmentation de la matière sèche; le pourcentage de la quantité d'eau diminue. Donc, même pendant une croissance très rapide, l'augmentation du poids dépend de la synthèse des matériaux du corps.

La croissance du cœur est tout à fait analogue à celle du corps entier, ce qui prouve que, pendant toute la vie du Pigeon, il existe une corrélation directe entre le poids du corps et le poids du cœur et que le poids du cœur en pourcentage du poids du corps ne varie que très peu. Le poids du cerveau et le poids des yeux en voie de croissance sont aussi en corrélation positive avec celui du corps, mais leur pourcentage va en s'abaissant. Le poids du foie, du pancréas du tube digestif, des reins, aussi bien que des surrénales et de la rate n'augmente que pendant les premiers 21 à 28 jours. Après cette période de croissance rapide, non seulement le poids relatif, mais même le poids absolu de ces organes diminue considérablement. Une réduction analogue des organes n'a été observée pendant la croissance des animaux supérieurs que par rapport au thymus qui subit une involution physiologique. Les chiffres relatifs aux poids de la matière sèche du foie et du pancréas démontrent que la réduction de ces organes n'est pas l'effet d'une perte d'eau, mais que la substance sèche de ces glandes diminue aussi.

L'accroissement des muscles pectoraux n'est que modéré pendant la croissance la plus rapide du tube digestif et des glandes, tandis que pendant leur réduction les muscles pectoraux s'accroissent très vite, le poids du muscle pectoral d'un Pigeon de trois mois étant 141 et d'un vieux Pigeon 166 fois plus grand que celui d'un oiseau nouvellement éclos.

La croissance du foie, du pancréas, du tube digestif, des reins, etc., du Pigeon, dès la troisième semaine de sa vie, ne peut pas être représentée par l'équation de Robertson $\left[\log\frac{x}{A-x} = k(t-t_1)\right]$. Comme le poids de ces organes diminue pendant cette période avec l'âge, x est plus grand que A et l'expression $\log\frac{x}{A-x}$ étant négative, l'équation devient impossible.

La courbe de la croissance du corps entier monte continuellement malgré la chute considérable des courbes des glandes et du tube digestif, ce qui démontre que la courbe de croissance du corps n'est que la résultante des courbes des organes particuliers. En effet, le poids du corps s'accroît pendant cette période grâce au développement des muscles et du squelette. L'alimen-

tation des Pigeons et le fonctionnement de leurs muscles doivent être considérés comme la cause de la corrélation négative existant entre le poids des organes de la cavité abdominale et celui des muscles. Le petit Pigeon qui reste dans le nid jusqu'à la troisième semaine est abondamment nourri par ses parents, le poids du contenu de sa gave montant jusqu'à 41 pour 100 du poids du corps entier, tandis que chez le Pigeon de trois mois, il n'est que 4,7 pour 100 du poids de l'oiseau. Les grandes exigences créées par une nourriture aussi abondante provoquent une hypertrophie fonctionnelle du tube digestif et des glandes. D'autre part, la croissance la plus rapide des muscles est concomitante avec le développement de la fonction du vol. La concurrence dans l'alimentation des organes cause un abaissement du niveau nutritif des organes du système alimentaire, dont le travail est réduit pendant cette période. De telles transformations et réductions de certains organes au profit des autres sous l'influence d'un changement du mode de vie n'ont pas encore été décrites chez les Vertébrés supérieurs. Une certaine analogie se rencontre chez les Amphibiens pendant la métamorphose.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'inuline chez le Topinambour greffé*, Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Poursuivant mes recherches sur les variations du chimisme chez les plantes greffées, j'ai étudié d'une part la répartition de l'inuline dans les tissus des tissus aériens du Topinambour et d'autre part les proportions relatives de cette substance dans les tubercules souterrains provenant, soit d'olodibioses, soit d'hyperbioses variées, effectuées en 1923 et en 1924.

J'ai indiqué déjà que les tubercules aériens des épibiotes et des hyperbiotes renflés des Topinambours greffés ou surgreffés avec le Soleil, le *Silphium*, le *Madaria*, etc., présentent une couleur violette très accentuée et que c'est une preuve de leur changement de chimisme. Or, si après un séjour convenable dans l'alcool à 90°, on examine des coupes transversales de ces organes, on constate que, à l'abri de cet écran violet, qui ne laisse plus passer les radiations inhibitrices, de l'inuline s'est formée dans les cellules de l'écorce et que ses cristaux s'y trouvent en contact avec la chlorophylle, bien qu'en quantité moindre que dans les parties incolores.

Chez l'hyperbiote Topinambour placé sur *Silphium*, la croissance avait été très faible en longueur; les feuilles étaient très rapprochées et l'épiderme avait une coloration violette très vive; la base de l'hyperbiote était renflée et s'était transformée en magasin de réserve. Non seulement l'inuline se trouvait dans les cellules chlorophylliennes, mais elle coexistait avec l'amidon dans l'endoderme. Chez celui-ci, certaines cellules ne contenaient ni amidon ni inuline; d'autres possédaient seulement l'une ou l'autre de ce

substances; enfin, dans quelques-unes, les plus nombreuses, les deux produits existaient à la fois, soit espacés, soit réunis, montrant ainsi très nettement la transformation de l'amidon en inuline. L'intensité relative du phénomène et les proportions d'inuline étaient surtout marquées dans la partie la plus renflée de l'hyperbiote et au voisinage de l'insertion des feuilles.

Si l'on examine des coupes transversales faites à un même niveau dans les tiges aériennes et les tubercules des Topinambours ayant porté des hyperbiotes et des mésobiotes ou des épibiotes d'espèces variées, on est frappé des différences considérables existant entre les proportions de l'inuline qu'ils contiennent. Ainsi les tiges aériennes de Topinambour ayant porté le *Madaria*, l'*Ambrosia*, etc., cueillies en novembre, ne contenaient pas d'inuline quand chez les Topinambours greffés avec le Soleil annuel, on trouvait parfois quelques cristaux et chez les Topinambours ayant servi d'hypobiote à l'*Heliopsis* ou aux *Helianthus* vivaces (*H. multiflorus*, *H. orgyalis*, etc,), l'inuline était abondante.

Le greffage, comme je l'ai indiqué, détermine chez les tubercules du Topinambour de grandes variations, tant comme forme que comme nombre, volume ou poids. J'ai examiné la répartition de l'inuline dans des tubercules de Topinambour, récoltés en novembre 1924 et provenant de greffes diverses. J'ai constaté que l'inuline était très abondante dans les tubercules provenant des olodibioses d'*Heliopsis* et de diverses *Helianthus* vivaces (*H. orgyalis*, *H. multiflorus*, etc.). Elle était beaucoup moins abondante dans les tubercules des olodibioses de Soleil annuel. Enfin, chez des greffes d'*Ambrosia trifida* sur Topinambour, les tubercules, quoique bien formés, ne contenaient plus d'inuline. Dans les hyperbioses, on observe des phénomènes de même ordre; quelquefois même plus accentués puisque le Topinambour peut ne plus se tuberculiser du tout (hyperbioses de Topinambour et de *Rudbeckia* faites en 1923). On ne peut donc juger des variations de l'inuline par l'examen du volume ou du poids des tubercules, car on aurait ainsi le poids ou le volume des réserves totales, mais non la valeur relative des composants.

Ces faits, contrôlés par M. P.-A. Dangeard et par d'autres botanistes, montrent bien que, dans la lutte qui s'établit obligatoirement entre des associés dont les fonctions sont différentes, chacun de ceux-ci met en jeu toutes les réactions, toutes les corrélations dont il dispose en vue d'établir un *modus vivendi* acceptable dans les conditions biologiques défectueuses où il se trouve placé. C'est ainsi que des parties aériennes du Topinambour, obligées accidentellement à jouer le rôle de magasin de réserve réservé aux parties incolores, masquent leur chlorophylle à l'aide d'un écran violet qui ne laisse plus passer les radiations faciles à déterminer au spectroscope

et qui empêchent la formation de l'inuline dans les parties vertes non protégées. C'est de cette façon que, dans certaines cellules, on voit apparaître des corps qui ne s'y trouvent pas normalement ou se faire des transformations (destructions ou polymérisations) qui n'existent pas chez les témoins. Il n'est pas besoin d'insister pour faire comprendre tout le parti que la physique et la chimie biologiques pourraient tirer de l'étude microchimique rationnelle des symbioses, qui a été beaucoup trop négligée jusqu'ici.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Signification morphologique et fonctionnelle de la pseudobranchie des Poissons*. Note de M. F. **Granel**, présentée par M. Henneguy.

La pseudobranchie des Poissons est originellement une hémibranchie rudimentaire développée dans la première poche branchiale ou évent, même chez les Téléostéens (Dohrn). Le terme rudimentaire n'indique pas qu'elle est un simple reste d'une branchie ayant fonctionné autrefois pour la respiration. Il signifie simplement que la pseudobranchie est bâtie sur le modèle des branchies, mais que ses lames sont moins nombreuses, moins étendues et bien moins riches en lamelles latérales que les lames de la branchie. Ceci n'est pas le fait d'une régression, mais provient de ce que la pseudobranchie s'est formée dans une fente branchiale dont la destinée est très particulière. Chez les Sélaciens où, cependant, la pseudobranchie a sans conteste, au début du développement, une fonction respiratoire par ses filaments externes et sa situation sur le trajet du sang veineux, son étendue est très réduite par rapport à celle des autres hémibranchies. Il en est ainsi parce que la première fente est toujours limitée à sa partie dorsale, la partie ventrale de la poche ne s'ouvrant jamais. Les rapports très étroits de cette partie dorsale, futur évent, avec le crâne lui imposent une forme et des limites bien différentes de celles des autres fentes, et l'hémibranchie de l'évent est obligée de se plier à ces conditions, d'où l'orientation verticale de ses lames, la réduction de leur nombre et de celui de leurs lamelles. Simultanément, se modifient ses rapports vasculaires, par la perte des connexions primitives avec le tronc artériel et l'apparition de liaisons nouvelles avec les vaisseaux efférents des branchies. A partir de ce moment, la pseudobranchie — quels que soient ses rapports vasculaires dont les détails ont été fixés par Ph. Allis dans de nombreux Mémoires — est disposée sur un cercle artériel, latéral par rapport au cercle céphalique, et forme ainsi un réservoir capillaire sur le trajet du sang artériel de la tête. Tout cela n'est pas le signe d'une régression, mais la marque d'arrangements nouveaux.

Les rapports de la pseudobranchie sont au fond les mêmes chez les Téléostomes, mais la disparition plus ou moins complète de l'évent et la

formation d'une cavité branchiale sous-operculaire entraînent une grande variété de formes. Chez certains Ganoïdes (*Acipenser*, *Polyodon*) la pseudobranchie est toujours située dans le canal de l'évent où elle se présente sous la forme de lamelles libres. Chez *Amia*, la pseudobranchie est encore rattachée au canal de l'évent, mais le faible développement de ce dernier lui impose une forme spéciale et la contraint de se développer en profondeur, dans une sorte de poche formée par une partie de l'évent évaginée. Chez *Lepidosteus*, la pseudobranchie, libre et saillante, se forme à peu de distance de l'orifice pharyngien de l'évent et passe ensuite dans la cavité sous-operculaire par la fente hyo-branchiale. Il en est de même chez tous les Téléostéens. Nées dans la portion pharyngienne de la première poche qui, du reste, ne tarde pas à s'effacer, les lamelles pseudobranchiales font saillie dans la fente hyo-branchiale et s'étendent bientôt à travers celle-ci sur la paroi craniale de la cavité sous-operculaire et jusque sur l'opercule lui-même. En raison de la forme de cette cavité sous-operculaire, résultant elle-même des rapports de l'appareil branchial avec le crâne, il peut arriver que le territoire sur lequel se développe la pseudobranchie soit séparé secondairement de la cavité sous-operculaire et constitue une petite poche distincte, dans laquelle est enfermée la pseudobranchie qui, poursuivant son accroissement, se repliera plus ou moins sur elle-même (*Cyprinus*). Quelles que soient du reste ces différences topographiques, la constitution histologique de la pseudobranchie des Téléostéens est toujours la même et est caractérisée par la présence de cellules pseudodranchiales (Granel, 1923), cellules que l'on rencontre également dans *Amia*, mais qui font totalement défaut chez les Sélaciens et les autres Ganoïdes ainsi que l'a constaté Vialli.

En résumé, la fonction de la pseudobranchie n'est pas unique; la pseudobranchie n'est pas seulement une glande vasculaire sanguine, comme elle paraît l'être indubitablement chez les Téléostéens, mais c'est en même temps un réseau vasculaire dont les connexions avec le système artériel de la tête indiquent qu'il peut jouer un certain rôle dans la régulation de la pression sanguine. C'est précisément cette considération qui nous permet d'expliquer les structures diverses que nous présentent les pseudobranchies. Si le réseau vasculaire de l'organe, au lieu d'être un système porte bipolaire artériel, n'était qu'une portion du réseau capillaire général faisant communiquer les artères et les veines, on ne comprendrait pas l'absence, chez certains Poissons, des cellules acidophiles, qui paraissent avoir chez les autres une fonction si importante. Mais si l'on réfléchit que la pseudobranchie peut agir de deux manières, à la fois comme glande sanguine et comme organe de régulation de la pression artérielle de la tête, on comprend très bien que l'une de ces deux fonctions puisse disparaître, sans entraîner pour cela la disparition de l'organe. C'est le cas chez les Sélaciens

et la plupart des Ganoïdes où la pseudobranchie ne paraît jouer aucun rôle au point de vue glandulaire, mais a une valeur indubitable comme organe de dérivation du courant sanguin céphalique. Ces considérations répondent, me semble-t-il, à la question de Vialli, qui, à la fin de son travail sur la pseudobranchie d'*Acipenser*, se demandait, sans trouver de réponse, quelle pouvait être la fonction de cet organe.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'invisibilité de certains floculats*
Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Nos recherches sur le sérum gélosé nous ont montré que la toxicité de cette préparation est attribuable à la formation d'un floculat qu'une centrifugation énergique permet d'éliminer en rendant ce sérum complètement inoffensif.

Le floculat se rassemble au fond du tube de centrifugation et constitue un culot facilement visible.

Nous avons constaté aussi que quand on met un sérum en contact avec l'amidon et qu'on le centrifuge pendant quelques minutes, le liquide parfaitement limpide que l'on obtient provoque des accidents du choc du type anaphylactique, mais qu'en procédant à une seconde centrifugation prolongée pendant 50 minutes, la toxicité sérique disparaît totalement [1].

Nous nous attendions alors à retrouver dans le tube du centrifugeur le précipité responsable de la crise comme nous avons toujours pu le déceler dans le cas du sérum gélosé, de l'anaphylaxie proprement dite, des mélanges de sérum avec les autolysats tissulaires ou encore avec d'autres sérums de mammifères provenant de sujets normaux ou malades.

Or, on ne peut rien apercevoir de semblable avec le sérum amidonné et cette invisibilité du floculat a fait naître dans notre esprit quelques doutes sur la réalité de son existence.

Nous avons alors pensé que la centrifugation pourrait peut-être s'accompagner de phénomènes susceptibles de détruire la toxicité sérique, phénomènes indépendants de l'effet mécanique qu'elle exerce sur les particules solides en suspension dans le milieu pour les projeter vers le fond du tube.

Quels sont donc les facteurs de l'opération qui pourraient intervenir pour modifier les propriétés du liquide mis en œuvre?

L'un de ces facteurs pourrait être l'élévation de la température; dans les appareils à grande vitesse, les tubes sont enfermés dans une enveloppe de fonte à l'intérieur de laquelle la masse d'air, entraînée avec une grande

---

(1) Auguste Lumière et Henri Couturier, *Toxicité du sérum mis en contact avec l'amidon* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 89).

vitesse par la rotation du système, vient exercer un frottement sur la paroi fixe de l'enveloppe, d'où un échauffement qui se propage aux liquides centrifugés.

Avec les dispositifs que nous utilisons, la température s'élève de 10° environ au bout d'une heure de fonctionnement ininterrompu.

Or l'expérience montre que l'on peut porter les sérums toxiques à l'étuve à 38° ou 40° pendant plusieurs heures sans observer de changement dans leurs propriétés toxiques. L'élévation thermique de 10° observée ne peut donc être mise en cause dans les modifications sériques qui nous occupent.

La centrifugation fait naître encore, dans les liquides, des pressions internes considérables qui, dans les conditions de nos essais, atteignent 40^{kg} par centimètre carré.

Il ne nous a pas paru impossible, *a priori*, que, sous cette influence, les colloïdes sériques subissent des transformations capables de détruire leur toxicité.

Pour le vérifier, nous avons établi un dispositif expérimental permettant, au moyen d'une forte presse hydraulique, de soumettre les sérums à des pressions de plusieurs centaines de kilos par centimètre carré. Or, la nocivité des sérums n'est, en aucune façon, atténuée quand ils sont maintenus pendant une heure à la pression de 100^{kg} par centimètre carré.

Les phénomènes qui accompagnent la centrifugation étant inopérants, nous ne pouvons plus en expliquer les effets que par l'hypothèse de l'élimination d'un floculat extrêmement ténu et possédant des constantes optiques très voisines de celles du sérum lui-même.

Si cette conception est exacte, s'il existe réellement un floculat invisible éliminable par le seul fait de sa forme solide et de sa différence de densité avec le milieu, nous devrions pouvoir rendre cette centrifugation inefficace en augmentant légèrement la densité du sérum. C'est ce que l'expérience confirme complètement. En ajoutant au sérum amidonné toxique une quantité de sucre suffisante pour porter sa densité à 1050, addition qui, par elle-même, n'exerce aucune influence sur les propriétés sériques, il devient impossible de supprimer la toxicité par la centrifugation.

Ainsi l'hypothèse des floculats invisibles nous paraît, pour le moment, seule capable d'expliquer les faits constatés.

Toutes les tentatives entreprises par voie chimique pour déceler la présence, dans le sérum toxique, d'un complexe renfermant de l'amidon ou pour colorer le floculat par teinture, ont complètement échoué.

Malgré l'invisibilité, qui constitue une exception unique jusqu'ici, la toxicité du sérum amidonné nous paraît relever de phénomènes du même ordre que ceux provoqués par les floculats visibles.

IMMUNOLOGIE. — *Pouvoir rabicide du sang du Hérisson et pouvoir vaccinant contre l'inoculation intracérébrale de virus rabique du mélange neutre virus-sérum inoculé dans l'encéphale.* Note de Mme **Phisalix**, présentée par M. L. Bouvier.

Nous avons montré la résistance relative du Hérisson à l'action du virus fixe, inoculé dans les muscles, résistance se manifestant par la longue évolution de la maladie, souvent entrecoupée de périodes de rémission; par la guérison spontanée et définitive dans 20 à 25 pour 100 des cas; enfin par l'inconstance avec laquelle l'encéphale du Hérisson mort de la rage *à virus fixe* est susceptible de transmettre cette affection au lapin par inoculation intracérébrale (¹).

1°.Pouvoir rabicide *in vitro* du sérum de Hérisson. — Partant de cette résistance relative au virus fixe, et surtout de l'analogie d'action à la fois venimeuse et antivenimeuse des sérums de Vipère, d'Anguille et de Hérisson, nons avons recherché si le sérum de Hérisson se montre doué aussi du pouvoir rabicide, que nous avons précédemment décelé pour le sérum de la Vipère et de l'Anguille. A cet effet nous avons employé la technique suivante :

Le sang de Hérisson est prélevé par ponction du cœur après anesthésie au chloroforme, puis abandonné à la température de la glacière jusqu'à coagulation complète. Le sérum exsudé, jaunâtre et limpide, est étendu de son volume d'eau salée physiologique stérilisée, puis chauffé en pipette au bain-marie à la température de 58°, maintenue pendant 15 minutes. Le sérum, ainsi préparé, est mélangé en diverses proportions à un même volume d'une émulsion centésimale de virus fixe, cette émulsion ayant été filtrée sur toile batiste et sur papier. Les mélanges virus-sérum sont ensuite soumis pendant 20-24 heures à la température de la glacière, puis centrifugés, et chaque culot lavé une fois à l'eau physiologique. Après nouvelle centrifugation, le liquide surnageant est partiellement décanté, de manière à ramener, dans chaque tube, le volume restant au dixième de celui de l'émulsion centésimale employée. On a ainsi des émulsions décimales convenant aux essais. Le virus fixe employé dans toutes ces expériences est celui de l'Institut Pasteur de Paris.

Épreuve sur le lapin par la voie intra-cérébrale. — L'expérience nous a montré que le mélange constitué en ajoutant à 1^{cm^3} d'émulsion centésimale de virus, 5^{cm^3} de sérum chauffé, soit la quantité correspondant à $2^{cm^3},50$ de sérum frais, est neutre pour l'encéphale du lapin; elle ne lui communique pas la rage, comme en témoigne l'expérience suivante :

(¹) M. C. França a cependant vu développer la rage chez le Lapin, en lui inoculant sous la dure-mère l'émulsion de bulbe de Hérisson mort de la *rage des rues*.

Deux lapins, pesant respectivement 2350g et 2200g, reçoivent chacun dans l'encéphale, après trépanation, 5 gouttes de la précédente émulsion. On sait que dans ces conditions l'inoculation de l'émulsion du virus pur est suivie de rage et de mort, en une quinzaine de jours au plus. Or, nos lapins n'avaient encore rien manifesté 6 semaines après cet essai, ce qui montre que le virus fixe a été neutralisé, c'est-à-dire tué par le sérum : *le sérum de hérisson est donc rabicide* in vitro.

2° POUVOIR VACCINANT DU MÉLANGE NEUTRE VIRUS-SÉRUM. — A ce moment, c'est-à-dire 6 semaines après l'inoculation du virus-sérum, nos deux lapins reçoivent, également dans l'encéphale, 5 gouttes d'une émulsion décimale de virus fixe : ils résistent. Trois mois plus tard, nouvelle trépanation avec inoculation de virus fixe, et continuation de la résistance, contrairement à ce qu'on observe dans les mêmes circonstances, quand on emploie à la neutralisation du virus soit un sérum antirabique préparé, soit un sérum naturellement antirabique de Vipère ou d'Anguille. Ce résultat, inattendu, est susceptible de deux interprétations, également embarrassantes : ou les lapins étaient tous deux réfractaires au virus fixe, ou l'inoculation dans leur encéphale du mélange neutre virus-sérum les a vaccinés contre les deux épreuves de virus fixe.

La première hypothèse a pour elle le fait qu'on rencontre parfois des lapins réfractaires à la rage : MM. Viala, Remlinger en ont signalé chacun un cas ; mais c'est un fait assez rare, et à moins d'une coïncidence non encore observée, ne se présente pas dans la proportion de 2 sur deux sujets.

La seconde hypothèse a contre elle le fait établi (A. Marie, P. Remlinger, M. Phisalix) que les mélanges neutres *virus-sérum antirabique* ne vaccinent pas le lapin qui les reçoit dans le cerveau contre l'épreuve intracérébrale de virus fixe : ils sont neutres simplement, mais non vaccinants. Or, nos lapins ont résisté à deux épreuves faites 6 semaines et 4 mois et demi après l'introduction du mélange neutre dans leur cerveau, Des expériences, sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir, nous font pencher pour l'effet vaccinant du mélange neutre. D'ailleurs, pour rare que puisse être la vaccination par la voie intracérébrale, elle a au moins un précédent : en 1884, Pasteur, Chamberland et Roux ont effectivement montré que les passages par le singe du virus des rues atténue ce virus au point de le rendre neutre pour le cerveau du lapin, et de plus vaccinant. « *L'inoculation par la trépanation, si infaillible pour la communication de la rage,* — *disent ces auteurs,* — *peut même ne produire aucun résultat, en créant néan-*

moins, pour l'animal, un état réfractaire à la rage. » Dans le cas présent le sérum de hérisson, agissant *in vitro*, sur le virus rabique fixe, a exercé une action comparable à celle qu'exerce le milieu organique du singe sur le virus des rues.

Ainsi :

1° Le sérum de hérisson adulte neutralise *in vitro* le virus rabique dans les proportions de $2^{cm^3},5$ de sérum pour 1^{cm^3} d'émulsion centésimale de virus fixe. *In vivo*, il s'oppose chez le hérisson à l'évolution régulière du virus inoculé.

2° Le mélange neutre virus fixe-sérum de hérisson, introduit dans l'encéphale du lapin, le vaccine fortement contre l'épreuve intracérébrale de virus fixe, contrairement aux autres mélanges neutres jusqu'ici essayés de virus et de sérums antirabiques.

BACTÉRIOLOGIE. — *Du pouvoir antiseptique de la chloropicrine.* Note (¹) de M. **H. Violle**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Des expériences nombreuses et probantes ont montré que la chloropicrine jouissait de propriétés désinfectantes remarquables (²).

Aujourd'hui, ce corps tend à se substituer de plus en plus à l'anhydride sulfureux.

Son prix relativement peu élevé, sa faible toxicité dans les conditions où on l'utilise, son pouvoir de diffusion assez prononcé, son indifférence pour les métaux, pour les matières colorantes, l'absence d'action nocive sur les cuirs, tissus, fourrures, etc., la facilité de son emploi, son efficacité aux températures, pressions et degrés hygrométriques normaux, font de la chloropicrine un des agents chimiques les plus indiqués pour les opérations de dératisation et de désinsection des locaux dont l'aménagement permet l'évacuation rapide et totale de ce gaz.

Ces propriétés lui confèrent déjà un emploi considérable.

Nous avons tenu à rechercher son action sur les microbes pathogènes.

Rappelons que ses effets destructifs intenses vis-à-vis de microorganismes banaux tels que la levure, la fleur du vin, les ferments lactiques, etc. (³) et d'autre part leur indifférence présentée à son égard par certains virus filtrables (⁴) ont déjà fait l'objet de travaux fort intéressants.

(¹) Séance du 18 janvier 1926.

(²) G. Bertrand, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 742; **170**, 1920, p. 858 et 952. — G. Bertrand, Brocq-Rousseu et Dassonville, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 441, 486, 880, 1059 et 1428; **170**, 1920, p. 345. — G. Bertrand et Mme Rosenblatt, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 911; **170**, 1920, p. 1150 et 1468; **171**, 1920, p. 137.

(³) G. Bertrand et Mme Rosenblatt, *loc. cit.*

(⁴) Wolmann, *Annales de l'Institut Pasteur*, **39**, octobre 1925, p. 789.

Nous avons employé la chloropicrine en solution aqueuse saturée :

Chloropicrine	$1^{g},6$
Eau distillée	1^{l}

Afin de bien saturer l'eau avec la chloropicrine que l'on met en excès (5 à 4^{g}), mais qui, par suite de sa forte densité, repose au fond du flacon, il est nécessaire de bien agiter le mélange et ensuite de le maintenir à l'abri de l'air.

Voici les résultats de nos expériences :

Solutions aqueuses saturées de chloropicrine. — Les solutions aqueuses saturées de chloropicrine ont un pouvoir antiseptique élevé.

Le pouvoir *préventif*, c'est-à-dire la quantité de chloropicrine nécessaire à ajouter à une solution stérile, pour que cette dernière conserve sa stérilité, après ensemencement de microbes et mise à l'étuve à 37°, est de l'ordre de $\frac{1}{41000}$ à $\frac{1}{82000}$.

Une goutte d'une émulsion très concentrée de bacilles (*B. coli*, B. typhique, B. paratyphique, staphylocoque, streptocoque, etc.) en pleine vitalité, provenant d'une culture sur gélose inclinée, est versée dans un tube de bouillon stérile. On ajoute de la chloropicrine en solution saturée. En employant 12^{mg} de chloropicrine par litre de bouillon, on est certain d'empêcher tout microbe non sporulé de se développer, et si l'on emploie une dose double, soit 24^{mg}, les bacilles sporulés, tels que le *B. subtilis*, ne proliféreront point.

Le pouvoir *destructif*, c'est-à-dire la quantité de chloropicrine nécessaire à ajouter à un milieu de culture en plein développement microbien (non sporulé) pour en détruire tous les éléments, s'exerce pleinement et totalement en l'espace de 1 heure.

Des émulsions de bacilles fragiles (*Bacterium coli*, B. typhique, B. dysentérique, *B. proteus*, B. pyocyanique) sont tués en l'espace de 30 minutes. Les microbes du genre coccus, tels que le staphylocoque et le streptocoque, sont tués après 1 heure de contact.

Les microbes sporulés (tels que le *B. subtilis*) sont tués après un contact de 4 heures.

Dans toutes ces expériences, il est indispensable d'agir avec des tubes scellés, et scellés le plus près possible de la surface du liquide; de cette façon on évite l'évaporation de la chloropicrine soit dans l'air extérieur, soit dans l'air contenu dans le tube. Si l'on ne procède pas ainsi, on trouve des chiffres infiniment plus faibles et sans valeur.

Un fait intéressant à noter est la persistance de son action; à l'inverse du chlore, de l'iode et de leurs dérivés, dont l'action antiseptique est très

forte mais momentanée, la chloripicrine, plusieurs heures après son contact avec des microbes, n'a pas épuisé sa valeur bactéricide.

Cette action se rattache à la grande stabilité des solutions et à leur titre qui se modifie lentement si l'on prend les précautions nécessaires (flacons bien bouchés). Ajoutons l'absence d'action coagulante, signalée par M. Gabriel Bertrand (¹), de la chloropicrine sur les matières protéiques (sérum sanguin, albumine d'œuf, mucus des expectorations, des déjections, etc.).

M. M.-L. **Bendersky** adresse un Mémoire *Sur la développabilité en série de Taylor des fonctions d'une variable réelle*.

M. **Léon D. Pintos** adresse une Note *Sur la teneur en acide tartrique total des raisins secs de Corinthe*, qui varierait entre 3,08 et 3,39 pour 100.

A 15ʰ25ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *A. Haller* :

En première ligne	M. **Marcel Delépine**.
En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Edmond Blaise**, **Paul Lebeau**, **Camille Matignon**.
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Robert Lespiéau**, **Marc Tiffeneau**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1656, et *Ann. Inst. Past.*, 38, 1924, p. 529.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** rend hommage dans les termes suivants à la mémoire de *Georges Gouy* :

Notre Section des membres non résidants est durement éprouvée. Il y a quelques semaines, nous perdions M. Kilian. Nous déplorons aujourd'hui la mort de M. **Gouy**, décédé le 27 janvier à Vals (Ardèche); frappé par la maladie, il s'était retiré depuis deux ans dans son pays natal. Gouy avait été élu à l'Académie en 1913, et la plus grande partie de sa carrière s'est passée à Lyon, où il était professeur à la Faculté des sciences.

Gouy a été un physicien d'une profonde originalité. On lui doit des découvertes extrêmement remarquables dans des parties de la physique, qui avaient fait l'objet d'un nombre immense de travaux, et où il semblait qu'il n'y eût plus qu'à glaner. Un de ses premiers travaux est relatif à la vitesse de la lumière. On admettait alors comme évident que la vitesse de propagation de transport de l'intensité lumineuse se confond avec la vitesse de propagation des ondes individuelles. Il en est bien ainsi dans les milieux privés de dispersion; mais, comme l'a montré Gouy en 1880, il en est autrement pour les milieux dispersifs où la vitesse des ondes dépend de la période. Dans ces derniers milieux, il faut distinguer entre la vitesse de la lumière ou du train d'ondes et la vitesse des ondes. Les conclusions théoriques du jeune physicien furent vivement contestées, mais elles ont été retrouvées un an après par Lord Rayleigh. Ce n'est d'ailleurs qu'à une date relativement récente qu'on a donné par des expériences faites avec le sulfure de carbone une vérification expérimentale de la théorie de Gouy. Toutes les mesures directes, méthode de Fizeau et méthode de Foucault, mesurent la vitesse du train d'ondes et non la vitesse des ondes.

Une autre découverte considérable de Gouy est relative à la propagation des ondes sphériques de faible rayon. Par rapport à une onde plane émise en même temps, une onde émanant d'une source ponctuelle prend une avance dont la valeur limite rapidement atteinte est égale au quart de la longueur d'onde. Des considérations analogues s'appliquent aux ondes sphériques convergeant vers un foyer, d'où cette conséquence remarquable que, en franchissant un foyer, la lumière subit une avance égale à la moitié d'une longueur d'onde. Gouy a vérifié expérimentalement ce résultat en répétant l'expérience des miroirs de Fresnel modifiée de manière à ce que l'un des faisceaux passe par un foyer; la frange centrale est alors noire au lieu d'être blanche.

Non moins importantes sont les études de Gouy sur ce que l'on appelle la diffraction éloignée, c'est-à-dire les cas de diffraction pour lesquels la déviation des rayons est considérable. Dans les expériences ordinaires de diffraction, la lumière n'est plus observable quand la déviation n'est pas très petite. En employant des écrans à bords extrêmement aigus, et en concentrant la lumière au foyer d'une lentille convergente se trouvant sur le bord même de l'écran, on peut avoir des déviations atteignant 150 degrés. Des phénomènes entièrement nouveaux se présentent alors; en particulier, la lumière diffractée est en rapport intime avec la nature de l'écran, contrairement à ce qu'on observe dans les expériences habituelles.

Toutes ces recherches de Gouy témoignent d'une réelle ingéniosité mathématique en même temps que d'une grande habileté expérimentale. Que de travaux de notre Confrère, relatifs à d'autres parties de la Physique, il faudrait encore rappeler, si l'on voulait donner une idée un peu précise de son œuvre. Ce seraient, en électrostatique, des remarques sur le pouvoir inducteur des diélectriques, une étude devenue classique sur certains phénomènes présentés par les tubes de Natterer, qui ont longtemps constitué pour les physiciens des énigmes insolubles, et où Gouy a montré que la pesanteur joue un rôle essentiel. Il faudrait aussi dire un mot de ses travaux relatifs aux effets du champ magnétique sur la décharge dans les gaz raréfiés, de ses études sur l'électrocapillarité, sur le pouvoir émissif et absorbant des flammes colorées.

Le nom de Gouy reste également attaché à l'étude des mouvements browniens. Depuis l'époque où le botaniste Brown avait signalé ce curieux phénomène, on avait émis de divers côtés l'opinion que de tels mouvements étaient peut-être identiques aux mouvements d'agitation prévus par les théories cinétiques. Les observations systématiques de Gouy montrèrent

que le phénomène est d'une constance extrême dans son irrégularité, et indépendant de circonstances accidentelles, telles que inégalités de température, trépidations du sol, évaporation du liquide. La conclusion de Gouy universellement adoptée est qu'il y a identité entre le mouvement brownien et celui des molécules dans un gaz. On sait quelle vive lumière les études expérimentales ultérieures d'un autre physicien de cette Académie ont jeté sur l'étude quantitative du phénomène, mais le nom de Gouy ne devra pas être oublié dans l'histoire des théories moléculaires qui sont à la base de la Physique moderne.

Telle est en ses points essentiels l'œuvre de notre regretté Confrère; elle témoigne d'un esprit singulièrement fin et pénétrant. La mort de Georges Gouy est pour la science française une perte cruelle. L'Académie adresse à sa famille ses condoléances émues.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le pénible devoir d'adresser, au nom de l'Académie, un dernier hommage à la mémoire de M. **Aimé Witz**, doyen honoraire de la Faculté libre des Sciences de Lille, né à Cernay (Haut-Rhin), le 23 avril 1848, élu Correspondant de notre Section de Mécanique le 15 avril 1907, décédé à Lille le 25 janvier de cette année.

Aimé Witz s'était attaché à l'étude de nombreux problèmes intéressant la thermodynamique et l'électricité. Sa théorie des moteurs à gaz est devenue classique. Il s'était fait l'apôtre de l'emploi des gaz de hauts-fourneaux, ainsi que du « gaz à l'eau », plus avantageux, d'après lui, que la vapeur dans certains cas. Il a montré, pour les moteurs à explosion, l'avantage des hautes températures et des pressions élevées, comme celui des fortes compressions et des rapides détentes. L'apparition du moteur Diesel, quelques années plus tard, est venue confirmer l'exactitude de ses vues.

D'autre part, guidé par les travaux de Hirn, il a élucidé la question, longtemps controversée, des enveloppes de vapeur et porté à un degré inconnu avant lui, la puissance de vaporisation des chaudières.

Par des expériences variées, il a mesuré la quantité d'énergie effectivement transformée en lumière dans les divers modes d'éclairage et montré qu'à ce point de vue, on peut avoir plus d'avantage à employer un gaz à mouvoir une dynamo qu'à le brûler directement.

Conseiller écouté d'un grand nombre d'inventeurs, et auteur fort

apprécié de nombreuses publications techniques, Aimé Witz aura fait grand honneur à l'École alsacienne, dont il a été l'un des maîtres les plus éminents.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la perturbation magnétique du 26 janvier 1926 à l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **H. Deslandres.**

Le 26 janvier 1926, l'enregistreur magnétique de l'Observatoire a décelé une forte perturbation magnétique, commencée à 15^h30^m; la perturbation s'est maintenue notable jusqu'au 27 janvier à 3^h. En même temps une aurore boréale a été visible sous nos latitudes. A Meudon l'enregistreur magnétique a été placé à dessein tout près du grand spectrohéliographe, qui relève les quatre couches superposées actuellement reconnues dans le Soleil; car, si les taches solaires et les perturbations magnétiques terrestres sont, dans l'ensemble, en parfait accord, l'action exacte exercée par une tache isolée n'a pas été reconnue jusqu'ici. Une grosse tache qui passe ou a passé au méridien central du Soleil est parfois accompagnée d'un orage terrestre; mais une tache plus grosse, antérieure ou postérieure, passe aux mêmes places, sans qu'aucun phénomène concomitant apparaisse sur la Terre. On n'a pas encore discerné l'indice, la propriété qui distingue les taches vraiment actives. Aussi est-il indiqué d'étudier avec le plus grand soin les taches, leurs alentours et le Soleil entier, lorsqu'une perturbation magnétique terrestre est signalée. On a pour cette raison rapproché les appareils magnétiques et solaires. Cette précaution a été inutile pour la perturbation qui nous occupe, le ciel étant resté couvert pendant toute la durée du phénomène.

Mais les épreuves du Soleil faites avant et après par d'Azambuja, peuvent éclairer la question. Depuis deux mois le Soleil offre de grosses taches, parfois visibles à l'œil nu; et le 26 janvier, au moment même de la perturbation terrestre, deux forts groupes de taches, visibles sans lunettes, étaient présents dans la partie ouest du disque; ils avaient traversé le méridien central, l'un le 22 janvier à 6^h30^m et l'autre le 24 janvier vers 6^h. Ce dernier groupe, formé d'une petite tache et d'une tache très grosse et complexe qui la suit (latitude moyenne $+21°,3$), est probablement la cause du phénomène; car, pour ce groupe, le retard de l'orage terrestre par rapport au passage de la grosse tache au méridien central est de 47 heures 30 minutes, et,

dans les observations similaires antérieures, le retard est en moyenne de 45 heures (1).

D'autre part, un autre phénomène très curieux a été en même temps reconnu à l'Observatoire avec les grands cadres récepteurs de la Télégraphie sans fil, qui ont été installés par le général Ferrié, MM. Mesny et Abadie. On mesure chaque jour avec ces cadres l'intensité à la réception des ondes envoyées par plusieurs centres d'émission, en particulier par les stations de Rome et de Bordeaux.

Or l'intensité à la réception, relevée à 19^h, avec les ondes de Rome, a été de beaucoup supérieure à la moyenne : elle a été quatre fois plus grande.

Pour les ondes de Bordeaux, la mesure a été faite à $19^h 55^m$, et l'intensité mesurée est égale à la moyenne multipliée par 1,60.

Cette Note, qui présente en gros les faits bruts, est seulement préliminaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réversibilité des multiplicateurs de fréquence à noyau de fer.* Note de M. A. **Blondel.**

Dans une Note qu'on trouvera ci-après (p. 312), MM. Fallou et Mauduit font connaître la façon dont ils ont réalisé un démultiplicateur de fréquence au moyen d'une bobine de self-induction à noyau de fer, réglée par condensateurs sur deux fréquences différentes, telles que le circuit

(1) L'orage magnétique est rapproché en général de la tache, qui, très facilement visible, attire d'abord l'attention. J'incline à penser que la cause du phénomène réside surtout dans la facule brillante qui entoure la tache et est plus difficile à reconnaître, au moins avec la simple lunette. Sur nos épreuves de la couche supérieure de l'atmosphère solaire, faites les 24 et 27 janvier, la tache en question est accompagnée d'une facule ou plage faculaire très étendue (environ 50° en longitude). On a signalé des orages magnétiques qui correspondent au passage dans le méridien central d'une simple facule sans tache.

Les filaments noirs ont été aussi présentés comme une cause possible de l'orage; or, le 26 janvier, un beau filament très large de l'hémisphère sud achevait de passer au méridien central.

La variation magnétique est due certainement à un rayonnement corpusculaire émané du Soleil; mais on n'est pas encore fixé sur la partie du Soleil qui émet avec intensité ce rayonnement. Le retard de la perturbation par rapport au passage de la région active dans le méridien central s'explique aisément, comme je l'ai montré en 1910, par le champ magnétique solaire extérieur qui courbe les rayons corpusculaires.

secondaire fournisse un courant correspondant à une fréquence sous-multiple de l'onde fondamentale du circuit primaire.

Je crois intéressant de faire voir ici que la réversibilité du multiplicateur de fréquence à fer transformé en démultiplicateur, ainsi démontrée expérimentalement, est théoriquement évidente *a priori*, pour des raisons d'ordre purement mathématique.

On sait que le multiplicateur de fréquence du type actuel, fonctionnant sans courant continu ([1]), est formé d'une bobine de self-induction à noyau de fer spécial, présentant une grande perméabilité et atteignant rapidement la saturation, et dont l'enroulement est relié d'une part à un alternateur donnant une vitesse de pulsation ω, et d'autre part à un circuit d'utilisation dans lequel on peut produire une pulsation $m\omega$ multiple de la précédente.

Le circuit d'alimentation et le circuit de débit sont respectivement accordés sur leurs fréquences propres par des condensateurs placés en série ou en dérivation sur les circuits extérieurs de façon que les courants correspondants se rapprochent le plus possible de la forme sinusoïdale. Pour simplifier le problème, nous supposons d'abord cette condition parfaitement remplie.

Soient e_1 et e_2 les forces électromotrices sinusoïdales appliquées et recueillies, dont les vitesses de pulsation sont ω et $m\omega$; i_1 et i_2 les intensités de courant correspondantes, R la résistance de la bobine du multiplicateur, L la self-induction *variable* de la bobine; le régime du courant dans le multiplicateur est défini par l'équation différentielle

$$e_1 - e_2 + R(i_1 + i_2) + \frac{d}{dt}[L(i_1 + i_2)] = 0. \tag{1}$$

Il ne peut être satisfait que si L est une fonction du courant $(i_1 + i_2)$ qui traverse le multiplicateur; c'est pourquoi il est nécessaire d'employer un noyau de fer. Le fonctionnement du multiplicateur est d'autant meilleur que L présente des variations d'amplitude plus grandes et plus rapides avec un maximum très accusé compris entre deux minima.

Si l'on développe $L = f(i_1 + i_2)$, en série de Fourier, on voit que le produit de cette fonction par les deux fonctions sinusoïdales i_1 et i_2 donnera lieu à une série complexe d'harmoniques pouvant permettre d'obtenir une solution avec un multiple quelconque de ω pour les pulsations de e_2.

On doit remarquer le fait important que L ne dépend que de la valeur

([1]) Cf. Brevet français, Compagnie T.-H., n° 520853 du 22 juillet 1920.

absolue du courant total qui traverse la bobine, et ne change pas de signe quand ce courant en change tout en gardant la même valeur; cela équivaut à dire que L ne peut être qu'une fonction des puissances paires du courant total, par exemple une série de Fourier ne contenant aucun sinus de rang impair en fonction de ωt. Cette simple remarque suffit à montrer la réversibilité évidente du système multiplicateur, c'est-à-dire sa transformation possible en démultiplicateur; en effet, le démultiplicateur ne se distingue du multiplicateur que parce qu'on change dans l'équation (1) tous les signes de e_1, e_2, i_1, i_2, tandis que la fonction f ne change pas.

La démonstration reste évidemment valable si e_1 et e_2, au lieu d'être simplement sinusoïdales, sont des séries de Fourier comprenant des harmoniques *impairs*, de faibles amplitudes; d'ailleurs, dans tous les cas, i_1 et i_2 comprennent de tels harmoniques, plus ou moins prononcés, suivant que la résonance est moins ou plus parfaite dans chacun des circuits.

Si l'équation différentielle (1) était satisfaite dans le fonctionnement en multiplicateur, elle se trouve donc également satisfaite dans le fonctionnement en démultiplicateur. La seule différence entre les deux systèmes, c'est que l'amorçage est plus facile à produire dans le fonctionnement en multiplicateur que dans le fonctionnement en démultiplicateur; car, de toute manière, il faut un amorçage pour amener à l'état stable le régime à ferrorésonance, tel que la fonction L puisse, à chaque alternance du courant de pulsation ω, dépasser sa valeur maxima.

Il est d'ailleurs vraisemblable que le fonctionnement en démultiplicateur présente moins de stabilité qu'en multiplicateur et que des désamorçages doivent se produire plus facilement quand on augmente la charge dans le débit du circuit d'utilisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la coupure cétonique des alcools tertiaires.* Note (¹) de MM. V. **Grignard** et F. **Chambret**.

On sait que les alcools peu stables ont pour caractéristique essentielle de perdre une molécule d'eau sous l'influence de la chaleur, par exemple quand on essaie de les distiller. Cependant on a pu déjà, de nombreuses fois, observer sur des alcools tertiaires et même secondaires, un phénomène

(¹) Séance du 28 janvier 1926.

de coupure qui se traduit par l'équation

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C(O|H)-R = \begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CO+RH.$$

Mais les cas signalés jusqu'à présent semblaient impliquer la nécessité, au voisinage du groupement alcool, soit d'un autre groupement fonctionnel, soit d'un enchaînement à caractère négatif (acide ricinoléique, benzofulvanols, alcools tertiaires phénylés, etc.). Cependant l'un de nous eut, assez récemment, l'occasion d'observer une coupure importante, par distillation à la pression ordinaire et même quelquefois dans le vide, sur des alcools tertiaires dérivés de la méthylhepténone naturelle, avec régénération de cette cétone, bien que la double liaison fût en γ (1). De même, le phénylméthyl α-hexènecarbinol (2), dont la double liaison, il est vrai, est voisine du carbinol, se déshydrate par distillation à la pression ordinaire, mais se coupe presque intégralement dans le vide, en acétophénone et α-pentène.

Ce mode de dédoublement paraît donc être plus facile qu'on ne le suppose généralement; c'est pourquoi nous en avons entrepris l'étude systématique. Nous avons examiné dans ce but plusieurs séries d'alcools tertiaires saturés, et α-, β-, γ- éthyléniques (3).

Si l'on s'en tient cependant aux essais de distillation, on constate que les alcools saturés ainsi que les β- ou γ- éthyléniques résistent bien, en général, même à la déshydratation. Toutefois, par une ébullition de plusieurs heures, quelques-uns ont fourni des traces de cétones (réaction de Legal). Mais nos alcools α-éthyléniques se sont montrés nettement instables. A la pression ordinaire, ils se déshydratent, surtout, et se coupent assez peu; dans un bon vide, le phénylméthyl α-octènecarbinol donne de l'acétophénone, le benzylméthyl α-octènecarbinol donne, un peu moins abondamment, de l'œnanthylidène-acétone (4).

Si l'on soumet les alcools résistants à une température progressivement plus élevée, on aboutit à une intéressante constatation.

---

(1) V. Grignard et R. Escourrou, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1860.

(2) V. Grignard et M. Dubien, *Ann. de Chim.*, 2, 1924, p. 285.

(3) Pour l'étude de ces alcools, la plupart nouveaux, et pour les détails opératoires, voir Chambret, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1925.

(4) L'œnanthylidène-acétone, matière première de ces deux alcools, a été obtenue (rendement 70-75 pour 100) par la méthode de V. Grignard et M. Dubien (*loc. cit.*, p. 287). L'œnanthol est introduit, goutte à goutte, en agitant, dans un excès d'acétone, additionné d'éther et de soude caustique. En chassant l'éther et l'excès d'acétone dans le vide, sans chauffer, le cétol cristallise. Paillettes feutrées (éther de pétrole-alcool), fus. 70-72°. En quelques mois, il est complètement transformé en un dimère fus. à 100-103°.

Il y a d'abord déshydratation, puis on voit apparaître la coupure cétonique qui augmente progressivement avec la température, tandis que la déshydratation décroît. Quand on arrive vers 650-700°, la coupure est presque exclusive, mais il y a un fort charbonnement et le distillat est très coloré.

Si l'on introduit dans le tube de la brique pilée ou de la pierre ponce, on n'observe plus que la déshydratation. Au contraire, avec de la laine de verre, les résultats sont excellents; la température optima de coupure s'abaisse entre 550 et 650°, la pyrogénation est supprimée en grande partie et les rendements en cétone sont bien meilleurs. Enfin, si l'on opère sous pression réduite, la température de dédoublement s'abaisse encore entre 400 et 500°, d'où pyrogénation presque nulle. En même temps la volatilisation des alcools est plus rapide, ce qui réduit la période de préchauffage où se produit surtout la déshydratation.

Dans ces dernières conditions, c'est-à-dire sur la laine de verre, soit à la pression ordinaire, soit dans le vide, le phénomène paraît être absolument général; les 20 alcools tertiaires que nous avons étudiés, saturés ou éthyléniques, n'ont fourni aucune exception. Cependant les alcools tertiaires α-éthyléniques ont donné des résultats beaucoup moins nets en raison de leur grande facilité de déshydratation (1).

Le tableau ci-après donne les rendements approximatifs obtenus avec les 16 autres, en opérant vers 600°, à la pression ordinaire, ou à la température indiquée, sous pression réduite.

			p. 100.
Allylméthylpropylcarbinol	⟶	méthylpropylcétone	50
»	500°/160mm	»	60-65
Allylméthylbenzylcarbinol	⟶	phénylacétone	60
»	400°-450°/30mm	»	90
Allylméthylphénylcarbinol	⟶	acétophénone	80
Crotonylméthylbutylcarbinol	⟶	méthylbutylcétone	30
Crotonylméthylbenzylcarbinol	⟶	méthylbenzylcétone	60-65
»	400°/30mm	»	90
Crotonylméthylphénylcarbinol	⟶	acétophénone	80
γ-buténylméthylbutylcarbinol	⟶	allylacétone	20-30
γ-buténylméthylbenzylcarbinol	⟶	»	50-60
γ-buténylmélhylphénylcarbinol	⟶	acétophénone (2)	50

(1) Les propyl- et isobutyl-méthyl α-pentène carbinols de V. Grignard et M. Dubien (*loc. cit.*) ont donné à 500°, sous 180mm, de la butylidène acétone à côté d'une très forte déshydratation.

(2) Avec un peu d'allylacétone, déshydradation notable.

			p. 100.
γ-pentényIméthylbutylcarbinol	⟶	crotonylacétone.........	50
γ-pentényIméthylbenzylcarbinol	⟶	»	50-60
γ-pentényIméthylphénylcarbinol	⟶	acétophénone (¹).........	50-60
Méthyldibutylcarbinol	⟶	méthylbutylcétone.......	30
Phényldiméthylcarbinol	⟶	acétophénone...........	80
Benzyldiméthylcarbinol	⟶	diméthylcétone..........	60
Éthylpropylbutylcarbinol	⟶	(mélange de cétones).....	?

On voit que cette méthode de coupure cétonique paraît pouvoir donner, dans beaucoup de cas, d'excellents rendements, surtout en opérant dans le vide. Elle pourra parfois être utilisée pour la préparation de cétones lorsqu'il sera plus facile de se procurer l'alcool ROH que l'acide RCO^2H.

En outre elle peut fournir un moyen de déterminer les « *capacités affinitaires* » relatives des différents radicaux soudés au carbinol, le radical le plus faiblement attaché étant celui qui part à l'état d'hydrocarbure. En considérant le tableau ci-dessus, on peut, semble-t-il, dresser déjà la liste suivante, dans le sens des capacités affinitaires décroissantes :

$C^6H^5 > CH^3 >$ Rad. γ-éthylénique $>$ Rad. benzyle ou aliphatique (sauf CH^3) $>$ Rad. β-éthylénique (²).

On peut se demander s'il serait possible, par la même méthode, de réaliser la déshydrogénation systématique des alcools secondaires en cétones, et le passage des alcools primaires aux aldéhydes. Mais d'après ce que l'on sait déjà, il faut prévoir la nécessité d'une température plus élevée et, par suite, des phénomènes de pyrogénation, surtout dans le cas des aldéhydes. L'intérêt pratique de ces dernières réactions est d'ailleurs fort réduit depuis que l'on possède les procédés catalytiques de MM. Sabatier et Senderens.

M. **René Maire**, par l'organe de **M. L. Guignard**, fait hommage à l'Académie des ouvrages suivants :

1° *Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie*. Notice par René Maire.

2° René Maire. *Études sur la végétation et la flore du Grand Atlas et du Moyen Atlas marocains*.

(¹) Avec, probablement, un peu de crotonylacétone, déshydradation assez forte.

(²) Le radical α-éthylénique semble se placer à côté du γ, sans que nous ayons eu l'occasion d'établir une différence d'affinité entre les deux.

3° BRAUN-BLANQUIT et RENÉ MAIRE. *Études sur la végétation et la flore marocaines*. Comptes rendus des herborisations de la Société botanique de France. Session du Maroc, 1921.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie en remplacement de M. *A. Haller* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Camille Matignon	obtient.	41 suffrages
M. Marcel Delépine	»	19 »
M. Edmond Blaise	»	2 »

M. **CAMILLE MATIGNON**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La Géométrie des espaces de Riemann*, par ELIE CARTAN. (Présenté par M. E. Borel.)

2° HENRI GADEAU DE KERVILLE. *Miscellanées zoologiques*, troisième fascicule.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Développements nouveaux pour l'application du théorème de Bernoulli*. Note de M. **CHARLES JORDAN**, présentée par M. d'Ocagne.

La probabilité de l'événement simple étant p à toutes les épreuves, la probabilité y pour obtenir ν cas favorables en n épreuves est

$$y = C_n^\nu p^\nu q^{n-\nu}. \tag{1}$$

Dès lors, la probabilité pour que le nombre des cas favorables soit plus petit que $\lambda + 1$ est la somme des valeurs de la probabilité (1), ν variant de zéro à λ.

On obtient un développement rigoureux de la probabilité (1), en partant de la formule de Poisson :

$$\lim_{n=\infty} C_n^\nu p^\nu q^{n-\nu} = \frac{m^\nu}{\nu!} e^{-m} \equiv \psi(m, \nu) \quad \text{si} \quad \lim_{n=\infty} np = m.$$

Tchebichef et Charlier ont montré que l'on peut développer une fonction en série suivant les dérivées de $\psi(m, \nu)$ par rapport à m. Pour y arriver, nous allons définir la fonction $G_s(m, \nu)$ par l'équation

$$G_s(m, \nu)\,\psi(m, \nu) = \frac{d^s}{dm^s}\psi(m, \nu).$$

On peut montrer que c'est un polynome en ν de degré s. Ces polynomes sont analogues aux polynomes généralisés de Laguerre, et ils possèdent les propriétés remarquables suivantes :

$$(2) \qquad G_s(m, \nu) = \frac{s}{m}\Sigma G_{s-1}(m, \nu) \qquad \text{et} \qquad G_s(m, 0) = (-1)^s,$$

$$(3) \qquad G_s(m, \nu)\,\psi(m, \nu) = (-1)^s \Delta^s \psi(m, \nu - s),$$

$$(4) \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} G_s G_k \psi(m, \nu) = 0 \quad \text{si } s \neq k, \qquad \text{et} \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} G_s^2 \psi(m, \nu) = \frac{s!}{m^s} \quad (^1).$$

En partant de $G_0 = 1$, nous obtenons très rapidement, grâce à (2), les polynomes G_0, par des sommations successives :

$$G_1 = \frac{1}{m}[C_\nu^1 - m], \qquad G_2 = \frac{2!}{m^2}\left[C_\nu^2 - \frac{m}{1!}C_\nu^1 + \frac{m^2}{2!}\right], \qquad \ldots.$$

Le développement cherché pour une fonction y quelconque est

$$(5) \qquad y = [a_0 + a_1 G_1 + a_2 G_2 + \ldots]\,\psi(m, \nu).$$

Les coefficients a_i se déterminent facilement à l'aide des relations précédentes; on a

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} y\,G_s = \frac{s!}{m^s} a_s;$$

(1) Dans la formule (2), il faut entendre par ΣG_{s-1} la somme indéfinie de ce polynome par rapport à ν; dans la formule (3) $\Delta^s\psi(m, \nu)$ est la $s^{\text{ième}}$ différence de $\psi(m, x)$ par rapport à x, pour $x = \nu - s$. Dans la formule (4) ν prend les valeurs 0, 1, 2, 3, ...

et dans le cas particulier de la probabilité (1) :

$$a_s = (-1)^{s+1} \frac{m^s}{s!} \sum_{\mu=s_0}^{s-1} \frac{1}{n^\mu} N(2\mu + 1 - s, \mu) \quad (^1). \tag{6}$$

On trouve

$$a_0 = 1, \quad a_1 = 0, \quad a_2 = -\frac{m^2}{2n}, \quad a_3 = \frac{m^3}{3n^2}, \quad a_4 = \frac{m^4(n-2)}{8n^3}, \quad \ldots.$$

La relation (3) permet de donner une autre forme au développement (5) :

$$y = \psi(m, \nu) + a_2 \Delta^2 \psi(m, \nu - 2) - a_3 \Delta^3 \psi(m, \nu - 3) + \ldots. \tag{7}$$

De cette probabilité il résulte, par sommation, d'une manière rigoureuse, la probabilité pour que l'on ait $\nu < \lambda + 1$:

$$P = 1 - I_m(\lambda + 1) + a_2 \Delta\psi(m, \lambda - 1) - a_3 A^2 \psi(m, \lambda - 2) + \ldots, \tag{8}$$

où $I_m(\lambda + 1)$ est le rapport de la fonction gamma incomplète $\int_0^m e^{-t} t^\lambda \, dt$ à la fonction complète. Les tables donnant les valeurs de $\psi(m, \nu)$ [2] et $I_m(\lambda + 1)$ [3] facilitent l'emploi des formules (7) et (8).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les nombres transcendants et les fonctions analytiques*. Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le but de cette Note est de montrer que l'on peut relier la théorie des fonctions analytiques, théoriquement du moins, à la recherche de nombres transcendants.

Nous allons démontrer le théorème suivant :

Soit ζ un nombre donné.

---

(1) On peut calculer rapidement les nombres $N(\iota, \mu)$ à l'aide de l'équation

$$N(\iota, \mu) = (\iota - 2\mu)[N(\iota, \mu - 1) + N(\iota - 1, \mu - 1)],$$

en partant des valeurs initiales : $N(1, 1) = -1$, $N(0, \mu) = 0$, et $N(1 + s, 1) = 0$; s_0 signifie le plus grand nombre entier contenu dans $\frac{1}{2}(s + 1)$.

(2) Pearson. *Tables for Statisticians and Biometricians*, 1914.

(3) Pearson, *Tables of the Incomplete Γ Function*. London, 1922.

Supposons que l'on puisse faire correspondre à tout polynome

$$Q(x) = A_0 + A_1 x + \ldots + A_p x^p$$

à coefficients entiers quelconques et de degré p quelconque, une fonction

$$f(x) = \Sigma a_n x^n$$

de rayon de convergence égal à 1, *holomorphe à l'extérieur du cercle de centre* 1 *et de rayon* $\frac{1}{K+1}$, *l'infini compris,* K *étant un entier et admettant à l'intérieur de ce cercle au moins un point singulier qui ne soit pas un pôle;* $f(x)$ *jouissant encore de la propriété que si l'on écrit*

$$(a) \qquad \theta(x) = Q(x) f(x) + \frac{Q(x)}{x - \zeta} = \Sigma c_n x^n + b_0 + b_1 x + \ldots + b_p x^p.$$

$R(x) = b_0 + b_1 x + \ldots + b_p x^p$ *désignant la partie principale du pôle à l'infini de la fonction* $\theta(x)$, *on a*

$$(\mathrm{I}) \left\{ \begin{array}{l} c_0 = M_0, \\ c_1 = M_1, \\ \ldots\ldots\ldots, \\ c_p K^p = M_p. \end{array} \right. \qquad (\mathrm{II}) \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\zeta^{p+1}} + a^{p+1} = \frac{M_{p+1}}{K^{p+1}}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{1}{\zeta^{p+i}} + a^{p+i} = \frac{M_{p+i}}{K^{p+i}} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots) \end{array} \right.$$

où les M_n *sont des entiers.*

Dans ces conditions, ζ *est un nombre transcendant.*

L'énoncé de ce théorème étant déjà assez compliqué, je ne donne pas ici l'énoncé d'un théorème dont le théorème cité est un cas particulier.

D'ailleurs la démonstration qui va suivre montrera dans quel sens on peut généraliser ce théorème.

Cette démonstration s'appuie sur un théorème qui a fait l'objet d'une Note précédente [1] :

Une fonction $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ *telle que k étant un entier convenablement choisi, tous les nombres* $a_n k^n$ *soient des entiers, et qui n'a des singularités qu'à l'intérieur du cercle de centre* 1 *et du rayon* $\frac{1}{k+1}$, *l'infini compris est nécessairement de la forme* $\frac{P(x)}{(1-x)^h}$ *où h est un entier et* $P(x)$ *un polynome.*

k étant le plus petit entier qui correspond à $\varphi(x)$ (c'est-à-dire que $a_n k^n$ sont des entiers, nous avons désigné $\varphi(x)$ par $\varepsilon(k)$.

---

[1] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 985.

REMARQUE A. — *Il est évident que la fonction $\varphi(x)\,Q(x)$ est une fonction $\varepsilon(k_1)$ avec $k_1 \leqq k$* [$Q(x)$ désignant toujours un polynome quelconque à coefficients entiers].

Supposons alors, contrairement à ce que nous voulons démontrer, que ζ soit un nombre algébrique. Il existera alors un $Q(x)$, que nous désignerons par $Q_1(x)$, tel que la fonction $\Psi(x) = \Sigma c_n x^n$ correspondante [voir l'égalité (a)] soit holomorphe à l'extérieur du cercle de centre 1 et de rayon $\frac{1}{k+1}$, l'infini compris, et elle admet au moins un point singulier non polaire à l'intérieur de ce cercle.

Il résulte, d'autre part, des égalités (II) et de la remarque A que les quantités

$$c_{p+1}k^{p+1}, \quad \ldots, \quad c_{p+i}k^{p+i} \qquad (i = 1, 2, \ldots)$$

sont des entiers.

En y ajoutant les égalités (I), il en résulte que la fonction $\Psi(x)$ est une fonction $\varepsilon(k_1)$ avec $k_1 \leqq k$, donc elle est, d'après le théorème cité, de la forme $\frac{P(x)}{(1-x)^h}$, ce qui est impossible puisque $\Psi(x)$, comme $f(x)$, admet au moins un point singulier qui n'est pas un pôle.

Donc l'hypothèse est inadmissible et ζ est un nombre transcendant.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommation des séries divergentes et le prolongement analytique.* Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans cette Note, nous donnons une extension simple de la sommation de Cesàro, qui permet de prolonger la série de Taylor d'une fonction analytique au delà de son cercle de convergence, et quelques autres résultats. Posons $A_\mu^\nu = \frac{(\nu+1)\ldots(\nu+\mu)}{\mu!}$, alors pour la série

$$(1) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} u_n$$

nous dirons qu'elle est sommable avec la somme S, si les quantités

$$b_n = \frac{1}{A_n^n}\sum_{\mu=0}^{n} A_n^{n-\mu}\,2^\mu\, u_\mu$$

tendent vers une limite S, quand n augmente indéfiniment. On démontre

que si la série (1) est convergente ou sommable par le procédé de Cesàro, elle est aussi sommable par ce procédé avec la même somme. Soient

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \tag{2}$$

une série de Taylor dont nous supposons le rayon de convergence différent de zéro, et G la région intérieure à la branche extérieure du limaçon de Pascal $|z|^2 = |2z - 1|$. Alors on a *le théorème. Soient* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots$ *les points singuliers de la fonction* $f(z)$, *et* D *la région commune de* $\alpha_1 G$, $\alpha_2 G$, $\alpha_3 G$, ..., *alors la série* $\sum_0^\infty a_n z^n$ *est sommable uniformément par ce procédé à l'intérieur de* D *avec la somme* $f(z)$.

Nous démontrons ce théorème en considérant le prolongement analytique de $\frac{1}{1-z} = 1 + z + z^2 + \ldots$ et ensuite en appliquant la méthode classique de M. Borel [1] basée sur l'intégrale de Cauchy. On obtient facilement l'identité

$$\sum_{\mu=0}^{n} A_{n-\mu}^{(p)} x^\mu = \frac{x^{n+p+1}}{(x-1)^{p+1}} + \frac{1}{1-x} \sum_{\mu=0}^{p} \left(\frac{x}{x-1}\right)^\mu A_n^{p-\mu}. \tag{3}$$

En appliquant cette identité on a pour

$$b_n = \frac{1}{A_n^n} \sum_{\mu=0}^{n} A_n^{n-\mu} 2^\mu z^\mu = \frac{1}{A_n^n} \sum_{\mu=0}^{n} A_n^{n-\mu} x^\mu, \qquad x = 2z,$$

parce que $A_\mu^\nu = A_\nu^\mu$, ν étant entier

$$b_n = \frac{x^{2n+1}}{(x-1)^{n+1} A_n^n} + \frac{1}{(1-x) A_n^n} \sum_{\mu=0}^{n} A_n^{n-\mu} u^\mu, \qquad u = \frac{x}{x-1}. \tag{4}$$

De la formule de Stirling on obtient $A_n^n \cong \frac{4^n}{\sqrt{\pi n}}$. Le premier membre de (4) tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$, quand $|x|^2 < 4|x-1|$, et le deuxième tend vers $\frac{1}{1-x} \cdot \frac{1}{1-\frac{u}{2}} = \frac{1}{1-z}$ si $|u| < 2$. Ces deux conditions sont satisfaites si z est compris entre les deux branches C et C_1 du limaçon de Pascal

(1) E. Borel, *Leçons sur les séries divergentes*, Paris, 1901, p. 164.

$|z|^2 = |2z - 1|$ et l'extérieur de la circonférence $\left|\frac{z}{z-\frac{1}{2}}\right| = 2$, qui passe par les points $\frac{1}{3}$ et 1. Mais la série $\sum_0^\infty z^n$ étant convergente pour $|z| < 1$, elle est aussi sommable et l'on voit que b_n tend uniformément vers $\frac{1}{1-z}$ dans chaque domaine intérieur à G. On en déduit le théorème par la méthode citée de M. Borel. On voit qu'il y a des séries sommables par ce procédé et non sommables par la méthode exponentielle $\int_0^\infty e^{-a}u(a)\,da$, ou par la méthode d'Euler (¹), et réciproquement. On peut démontrer que D est la région de sommabilité.

De la formule (3) on peut facilement tirer la proposition. Si $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ est holomorphe pour $z = 0$ et n'a que des pôles sur son cercle de convergence, la série est sommable (C, τ) uniformément, où τ désigne le plus grand ordre de ses pôles, sur chaque arc régulier de son cercle de convergence.

2. Soit $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ une fonction analytique n'ayant qu'un point singulier essentiel. On sait d'après le théorème de Wiegert (²) qu'il existe une fonction entière $g(x)$, satisfaisant à l'inégalité $|g(x)| > e^{\varepsilon|x|}$, pour $|x| > R(\varepsilon)$, ε étant arbitraire et positif, telle que $a_n = g(n)$, $n = 0, 1, 2, \ldots$. Donc si α_n sont les zéros de $g(x)$, on aura $\lim_{n=\infty} \frac{n}{\alpha_n} = 0$. Si a_{λ_i} sont les coefficients qui sont nuls, on aura $\lim_{i=\infty} \frac{i}{\lambda_i} = 0$. Ainsi nous avons la proposition ; si dans la série $\sum_{i=\infty}^{\infty} a_n z^n$, a_{λ_i} sont les coefficients nuls, et si $\overline{\lim_{i=\infty}} \frac{i}{\lambda_i} > 0$, cette série ne peut présenter une fonction qui n'a dans tout le plan qu'un point singulier essentiel.

(¹) E. Borel, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 28, 1900, p. 200. — K. Knopp, *Mathematische Zeitschrift*, 15, 1922, p. 226-253.

(²) S. Wiegert, *Öfversigt af Svenska Vetenskapsakademiens Förhandlung*, 57, 1900, p. 1001-1011, et G.-H. Hardy, *Acta mathematica*, 42, 1920, p. 327-339.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une nouvelle forme d'équations différentielles du problème restreint elliptique.* Note de M. V. NECHVILE, présentée par M. H. Andoyer.

Soient

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{\partial V_0}{\partial x}, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{\partial V_0}{\partial y}, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{\partial V_0}{\partial z},$$

les équations du mouvement d'un point matériel M avec les notations habituelles. Faisons la transformation

$$x = \rho\xi, \qquad y = \rho\eta, \qquad z = \rho\zeta, \qquad dt = h\rho^\alpha\,dv,$$

où ξ, η, ζ sont les nouvelles coordonnées, v la nouvelle variable indépendante, ρ une fonction donnée de v, α et h des constantes. En exprimant V_0 à l'aide de ξ, η, ζ et faisant

$$V = h^2\rho^{2\alpha-2}V_0 + \frac{1}{2(\alpha-1)}\rho^{\alpha-1}\frac{d^2(\rho^{1-\alpha})}{dv^2}(\xi^2+\eta^2+\zeta^2),$$

on a les équations telles que

$$\frac{d^2\xi}{dv^2} + (2-\alpha)\frac{d\xi}{dv}\,\frac{d(\log\rho)}{dv} = \frac{\partial V}{\partial \xi}, \quad \ldots, \quad \ldots,$$

et si l'on choisit $\alpha = 2$, il vient plus simplement

$$\frac{d^2\xi}{dv^2} = \frac{\partial V}{\partial \xi}, \qquad \frac{d^2\eta}{dv^2} = \frac{\partial V}{\partial \eta}, \qquad \frac{d^2\zeta}{dv^2} = \frac{\partial V}{\partial \zeta},$$

avec

$$V = h^2\rho^2 V_0 + \frac{1}{2}\rho\frac{d^2(\rho^{-1})}{dv^2}(\xi^2+\eta^2+\zeta^2).$$

Soit plus spécialement encore, en désignant par p et e deux constantes,

$$\rho = p(1+e\cos v)^{-1}, \qquad h = p^{-\frac{1}{2}};$$

on aura

$$V = \frac{\rho^2}{p}V_0 + \frac{1}{2}\left(\frac{\rho}{p} - 1\right)(\xi^2+\eta^2+\zeta^2).$$

Si donc on fait tourner les axes de coordonnées de l'angle v autour de l'axe des z, les nouvelles coordonnées ξ', η', ζ' seront définies par les

équations

$$(1) \qquad \frac{d^2\xi'}{dv^2} - 2\frac{d\eta'}{dv} = \frac{\partial\Omega}{\partial\xi}, \qquad \frac{d^2\eta'}{dv^2} + 2\frac{d\xi'}{dv} = \frac{\partial\Omega}{\partial\eta'}, \qquad \frac{d^2\zeta'}{dv^2} = \frac{\partial\Omega}{\partial\zeta'},$$

avec

$$\Omega = \frac{\rho^2}{p} V_0 + \frac{1}{2}\frac{\rho}{p}(\xi'^2 + \eta'^2 + \zeta'^2).$$

Supposons que le point M soit un astéroïde de masse négligeable, soumis à l'attraction newtonienne de deux corps M_1 et M_2 de masses m_1 et m_2, de sorte que

$$V_0 = \frac{m_1}{d_1} + \frac{m_2}{d_2},$$

en appelant d_1 et d_2 les distances MM_1 et MM_2. Les deux corps M_1 et M_2 étant soumis eux-mêmes à leur attraction mutuelle, M_2 par exemple décrit autour de M_1 une ellipse képlérienne d'anomalie vraie v, de paramètre p, d'excentricité e, de sorte que $\overline{M_1M_2} = \rho$, $\rho^2\,dv = \sqrt{p}\,dt$, le coefficient d'attraction étant l'unité ainsi que la somme $m_1 + m_2$, et les notations précédentes étant conservées.

Si donc $\rho\xi'$, $\rho\eta'$, $\rho\zeta'$ sont les coordonnées de M par rapport à des axes $Ox'y'z'$ ayant pour origine le centre de gravité de M_1 et M_2, Ox' étant dirigé suivant OM_2, et le plan $Ox'y'$ étant celui de la trajectoire relative de M_2 par rapport à M_1, on aura $d_1 = \rho\delta_1$, $d_2 = \rho\delta_2$, avec $\delta_1^2 = (\xi' + m_2)^2 + \eta'^2 + \zeta'^2$, $\delta_2^2 = (\xi' - m_1)^2 + \eta'^2 + \zeta'^2$, et l'on pourra appliquer les équations (1) qui deviennent

$$(2) \qquad \frac{d^2\xi'}{dv^2} - 2\frac{d\eta'}{dv} = (1 + e\cos v)^{-1}\frac{\partial\Omega}{\partial\xi'}, \qquad \frac{d^2\eta'}{dv^2} + 2\frac{d\xi'}{dv} = (1 + e\cos v)^{-1}\frac{\partial\Omega}{\partial\eta'},$$

$$\frac{d^2\zeta'}{\partial v^2} = (1 + e\cos v)^{-1}\frac{\partial\Omega}{\partial\zeta'},$$

en prenant

$$\Omega = m_1\left(\frac{1}{\delta_1} + \frac{1}{2}\,{}^2_1\right) + m_3\left(\frac{1}{\delta_2} + \delta_2^2\right).$$

Les équations (2) ne diffèrent que par le facteur périodique $(1 + e\cos v)^{-1}$ de la forme des équations pour le problème circulaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Entretien d'une oscillation libre non sinusoïdale par résonance de l'un de ses harmoniques.* Note de MM. **Jean Fallou** et **A. Mauduit**, transmise par M. A. Blondel.

1. Considérons un circuit comprenant : un condensateur C, une self-inductance sans fer L de résistance R, une source alternative de pulsation ω_i et supposons, d'autre part, que R soit petit vis-à-vis de $2\sqrt{\frac{L}{C}}$, c'est-à-dire que la résonance soit possible.

Si l'on vient à fermer le circuit au moyen d'un interrupteur, on sait que la tension aux bornes du condensateur C comprend : un terme transitoire amorti dû à l'oscillation libre du système, et dont la pulsation est approximativement

$$m = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

et un terme alternatif permanent dont la pulsation est égale à celle de la source.

Au bout d'un certain temps défini par le facteur exponentiel, le terme transitoire devient négligeable, et le terme de pulsation ω subsiste seul. Si l'on veut *entretenir* aux bornes du condensateur une tension de pulsation m, il faut que la pulsation de la source, ou l'un de ses harmoniques supérieurs, soit égale à la pulsation désirée m.

2. Substituons maintenant à la bobine sans fer L une bobine à noyau magnétique de même coefficient de self-induction (défini dans la partie droite de la caractéristique). Comme précédemment, la fermeture de l'interrupteur provoquera aux bornes du condensateur une tension comprenant un terme transitoire et un terme permanent. Si le courant développé par le terme transitoire est assez grand pour saturer le noyau magnétique, la forme d'onde de ce courant sera altérée, et la tension aux bornes du condensateur comprendra une onde fondamentale de pulsation m accompagnée d'une série d'harmoniques.

L'expérience nous a montré que cette tension transitoire tout entière peut être entretenue si la pulsation de l'un de ses harmoniques coïncide avec celle de la source.

Nous avons pu ainsi entretenir, dans un circuit alimenté à 50 périodes,

soit la fréquence fondamentale $\frac{50}{9}$, soit la fréquence fondamentale $\frac{50}{4}$, soit, dans des conditions de stabilité remarquables, la fréquence $\frac{50}{3}$.

3. On peut fonder, sur ce principe, un démultiplicateur de fréquence ferromagnétique en effectuant le montage suivant : Un condensateur C est chargé par une source de pulsation ω, d'inductance apparente N, dont on veut démultiplier la fréquence, à travers une self à noyau magnétique d'inductance L définie plus haut, dont la caractéristique est convenablement établie, et telle que la condition de résonance

$$(L + N)\,C\left(\frac{\omega}{n}\right)^2 = 1$$

soit réalisée pour la pulsation cherchée $\frac{\omega}{n}$.

Pour amorcer le système, on peut, par exemple, court-circuiter la self L par un interrupteur que l'on ouvre ensuite : L'ouverture du court-circuit ayant lieu lorsque le courant passe par zéro, la tension aux bornes du condensateur est alors maximum ; on profite, en outre, de la période transitoire d'établissement du courant dans la self (courant et tension simultanément nuls à l'origine).

Pour utiliser la tension aux bornes du condensateur, on peut établir aux bornes de celui-ci un transformateur convenablement calibré ; il faut alors que la condition de résonance

$$\frac{(L_1 + N)\,L_2}{(L_1 + N) + L_2}\,C\left(\frac{\omega}{n}\right)^2 = 1$$

soit réalisée pour la pulsation $\frac{\omega}{n}$ désirée, L_1 et L_2 étant respectivement les coefficients de self-inductance de la bobine et du transformateur dans les parties rectilignes des caractéristiques.

Au moyen de filtres convenables, il est toujours possible d'épurer la tension que l'on veut utiliser de ses harmoniques gênants.

Il nous a été possible de faire débiter une puissance voisine de 17 watts à un appareil convertissant du courant alternatif à 50 périodes en 16 périodes $\frac{2}{3}$, constitué par des transformateurs de tension industriels pesant quelques kilogrammes, et un condensateur de 0,27 microfarad à 2000 volts.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la structure des gelées.* Note de M. **Pierre Thomas** et Mlle **Marie Sibi**, présentée par M. Roux.

D'assez nombreux corps possèdent la propriété de se dissoudre dans l'eau bouillante en fournissant une solution qui se prend par refroidissement en une masse gélatineuse, cette dernière redevenant liquide par chauffage. On peut citer la gélatine, le thymonucléate de sodium, la gélose ou agar, dont les solutions font prise à froid si leur concentration atteint environ 5 pour 100 pour le nucléate, 3 à 4 pour 100 pour la gélatine, 1,5 pour 100 pour la gélose. Nous avons étudié une substance beaucoup moins complexe, de nature chimique définie, qui n'est autre que l'acétal dibenzoïque de la sorbite $C^6H^{12}O^6(C^7H^5O)^2$. Ce corps se dissout dans 1000 parties d'eau bouillante en donnant une solution limpide, se prenant par refroidissement en une gelée parfaitement transparente.

C'est Meunier (¹) qui, préparant pour la première fois les acétals des alcools hexavalents, mannite et sorbite, a décrit ce corps. Il signale que par une ébullition de quelques heures avec de l'eau, l'acétal précipité et lavé, insoluble à froid, se dissout en partie, la solution se prenant pendant le refroidissement en une gelée transparente.

En étudiant ce corps, nous nous sommes demandé si, en raison de la longue ébullition nécessaire, en présence d'eau qui doit être neutre (ou même, d'après Meunier, légèrement alcaline), la solubilisation n'était pas due à l'action d'ions enlevés au verre des vases. L'incinération du produit nous a montré en effet la présence d'une très faible quantité de silice, de soude et de chaux, représentant 0,14 pour 100 de la substance, et nous sommes tentés d'attribuer à la présence de ces corps le passage de l'acétal insoluble à l'état de sol colloïdal.

Fait intéressant, le produit soluble dans l'eau bouillante se dissout également dans l'alcool ordinaire et les alcools méthylique, amylique, benzylique, l'acétate d'éthyle, le nitrobenzène, à l'ébulition, la solution se prenant en gelée transparente par refroidissement. Dans l'acétone, le chloroforme, la solution a lieu à la température ordinaire : par évaporation du solvant, la prise en masse ne tarde pas à se produire. Avec la glycérine, à chaud, il y a également solution, et prise en masse par le refroidissement, mais ici la gelée est assez fortement opalescente.

(¹) Meunier, *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 148.

Nous avons particulièrement étudié la gelée obtenue avec l'eau. Celle-ci se forme seulement en réaction sensiblement neutre, l'optimum paraissant être pour un pH compris entre 8 et 8,5. Une acidité même légère, une alcalinité trop grande, empêchent la prise en masse de se produire.

En comparant la vitesse de diffusion de divers colorants (jaune de naphtol, benzopurpurine, fuchsine acide, bleu coton, bleu de toluidine et ponceau de xylidine) sur la gélatine, le nucléate de sodium, la gélose et l'acétal de sorbite, tous à l'état gélatineux, nous avons vu que la benzopurpurine ne diffuse dans aucune de ces gelées, le jaune de naphtol diffusant au contraire le mieux dans les quatre. Le ponceau et la fuchsine acide montrent des vitesses moyennes, le bleu de toluidine ne diffuse pas dans le nucléate, le bleu coton dans la gélatine. Les courbes de diffusion des quatre premiers colorants sont très semblables.

Il est intéressant de constater ce fait avec des gelées dont la teneur en eau est aussi variable.

Par agitation suffisamment prolongée, la gelée consistante fournie par l'acétal de sorbite se brise et donne des flocons blancs sans aucune structure visible nageant dans l'eau pure. Ceci est en accord avec l'idée de Spring qui voit, dans la prise en masse, le premier stade de la coagulation d'un colloïde.

En examinant le gel transparent d'acétal au microscope polarisant, il apparaît comme tout à fait isotrope; en revanche, les flocons séparés par agitation donnent de légères images de polarisation et semblent, en partie, anisotropes, comme s'il existait une ébauche de cristallisation.

Lorsque l'on recouvre le gel transparent, contenu dans un tube à essai, avec une couche d'acétone, on observe après un temps variable, de 24 à 48 heures, que la couche de séparation renferme de petites masses blanches, formées d'un enchevêtrement de fins cristaux, analogues à des cheveux, longs et recourbés. Le même résultat peut être obtenu avec l'alcool ordinaire ou méthylique, l'éther, l'éther acétique, la pyridine. Chose intéressante, avec l'éther et l'éther acétique, mieux encore avec le benzène, le toluène, le chloroforme, il se produit d'abord une rétraction du gel; il semble que celui-ci se comporte comme une cellule osmotique pourvue d'une paroi qui laisserait diffuser l'eau seule.

Outre le fait intéressant de la cristallisation de l'acétal, qui n'avait pas encore été obtenue, le phénomène que nous avons observé nous paraît être important en ce qu'il apporte une confirmation aux idées actuelles sur la structure des gels : celui que nous avons étudié se résout facilement en une

trame de fins cristaux enchevêtrés capables de retenir dans leurs mailles un grand volume d'eau. Au point de vue de la diffusion des couleurs, il se comporte comme les gels formés par les substances les plus complexes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la fusion de la houille.* Note [1] de M. **Étienne Audibert**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La fabrication du coke repose sur la fusion pâteuse qu'éprouvent certaines variétés de houille à une température variable de 350° à 400°. Cette fusion permet à la houille pulvérulente de s'agglomérer en une masse compacte dont la décomposition ultérieure donnera un coke également compact et de bonne qualité.

En étudiant cette fusion de la houille, j'ai observé les particularités suivantes :

1° La température à laquelle il est possible de mettre en évidence un début de transformation pyrogénée est toujours inférieure à la température de fusion commençante, laquelle paraît être comprise, quelles que soient la nature de la houille et la vitesse du chauffage, entre 325° et 450°.

2° Toutes les houilles tenant plus de 14 à 15 pour 100 de matières volatiles fondent sous l'action d'un chauffage brusque : en plongeant dans un bain à température constante une variété quelconque, et en répétant l'expérience pour plusieurs valeurs de cette température, on en trouve en effet toujours une au-dessus de laquelle la matière se ramollit et s'agglomère en une masse compacte, qui présente au microscope l'aspect qu'indique la figure 1. A titre d'exemple, le tableau ci-dessous indique, pour six des variétés étudiées, la température du début de fusion par chauffage brusque.

Houille.	Teneur en matières volatiles.	Température du début de fusion : chauffage brusque.	échauffement à 1° par minute.
	%	°	
Couriot	21	420	infusible
Grosménil	25	415	infusible
Anzin	25	335	370°
Lens	30	325	360°
Béthune	36	345	370°
Bruay	42	365	infusible

(1) Séance du 25 janvier 1925.

3° Quand on chauffe progressivement une houille à une vitesse déterminée, la température du début de fusion s'élève et la fusion devient de moins en moins complète au fur et à mesure que l'échauffement est plus lent. Au-dessous d'une valeur donnée de la vitesse d'échauffement, valeur qui varie considérablement d'une houille à l'autre, la fusion cesse de se produire; les grains de houille ne se soudent alors pas et la matière

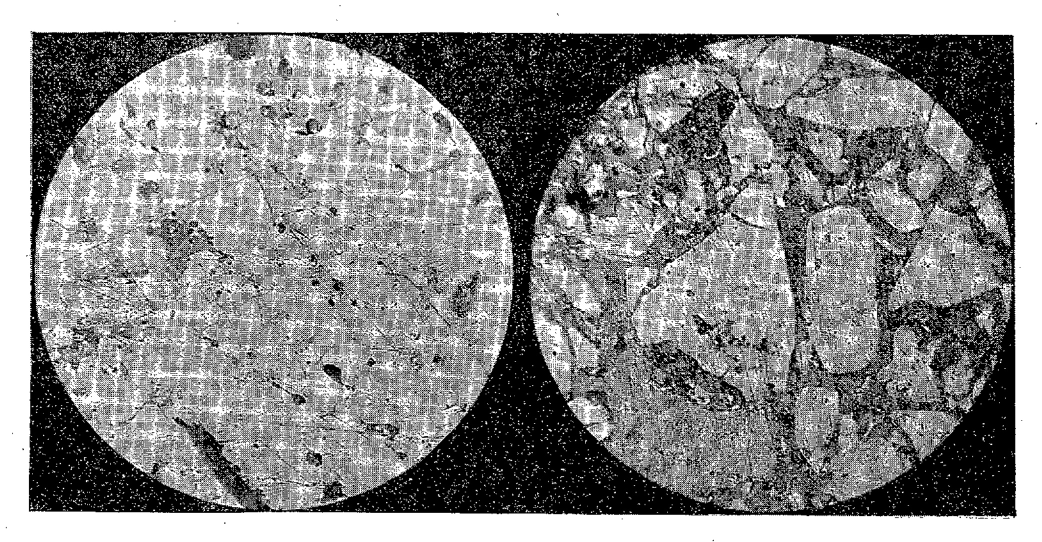


Fig. 1. — Montmartre 1. Chauffage à 0°,5 par minute jusqu'à 420° puis trempe.

Fig. 2. — Marles Espérance. 1° par minute jusqu'à 520° puis trempe.

constituant la baguette, présente au microscope l'aspect, caractéristique des houilles crues, qu'indique la figure 2. Elle a au contraire l'aspect de la figure 1 quand la vitesse d'échauffement est supérieure à la vitesse-limite. La dernière colonne du tableau précédent donne les valeurs de la température du début de fusion pour la vitesse d'échauffement de un degré par minute, laquelle est comparable aux vitesses réalisées dans les appareils de carbonisation industrielle, au voisinage de l'isotherme de 400°.

4° Pour toutes les variétés de houille qui sont industriellement employées à la fabrication du coke métallurgique, la vitesse d'échauffement au-dessous de laquelle la fusion ne se produit plus est inférieure à 1° par minute. Les houilles qui ne fondent pas par chauffage à cette vitesse fournissent d'ailleurs, lorsque après les avoir fondues par un chauffage rapide à température convenable on achève de les décomposer par un traitement thermique du même genre que celui des fours industriels, des cokes compacts et

solides dont la résistance à l'écrasement a des valeurs normales (supérieures à 1^{kg} par millimètre carré).

5° Les particularités décrites ci-dessus tiennent :

a. A ce que la température de pyrogénation commençante de la houille est un peu inférieure à celle de fusion commençante;

b. A ce que la pyrogénation, comme beaucoup de réactions chimiques, est un phénomène lent et progressif, tandis que la fusion se produit brusquement dès que la température voulue est atteinte.

Quand le chauffage est très rapide, la pyrogénation qui se produit avant la fusion est négligeable; toutes les houilles fondent alors parce qu'elles renferment toutes une proportion suffisante d'éléments fusibles. Quand au contraire le chauffage est lent, l'effet de la pyrogénation antérieure à la fusion devient sensible; le point du début de fusion s'élève donc progressivement sous l'action du chauffage et la houille fond ou ne fond pas selon que cette élévation est moins ou plus rapide que l'élévation réelle de la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les états quasi limites dans les corps cristallisés.* Note [1] de M. **Louis Grenet**, présentée par M. G. Charpy.

En agissant sur plusieurs conditions d'équilibre, généralement pression et température, on peut amener deux phases amorphes primitivement distinctes à s'identifier graduellement. Les conditions d'équilibre dans lesquelles cette identification est obtenue sont dites conditions critiques.

Les courbes liant une propriété de chacune des phases à une condition d'équilibre tendent à devenir tangentes lorsqu'on approche des conditions critiques.

Lorsqu'au moins une des deux phases est cristalline, l'identification complète des deux phases en présence ne peut être obtenue progressivement, la destruction d'un réseau cristallin étant essentiellement discontinue.

Duhem (*Thermodynamique et Chimie*, page 205, Hermann, éditeur), a tracé un diagramme, reproduit ci-dessous, qui correspond à l'équilibre

---

[1] Séance du 25 janvier 1926.

entre deux états α et γ d'un corps unique; un tel diagramme n'a jusqu'ici pu être observé dans la région du point M.

A la pression π et la température θ, les phases α et γ, qu'elles soient cristallisées ou amorphes, ont même potentiel thermodynamique total, même entropie, même valeur de la somme EU + PV, E représentant l'équivalent mécanique de la chaleur, P la pression, U et V l'énergie interne et le volume de l'unité de masse.

Les courbes représentant le potentiel thermodynamique des phases en

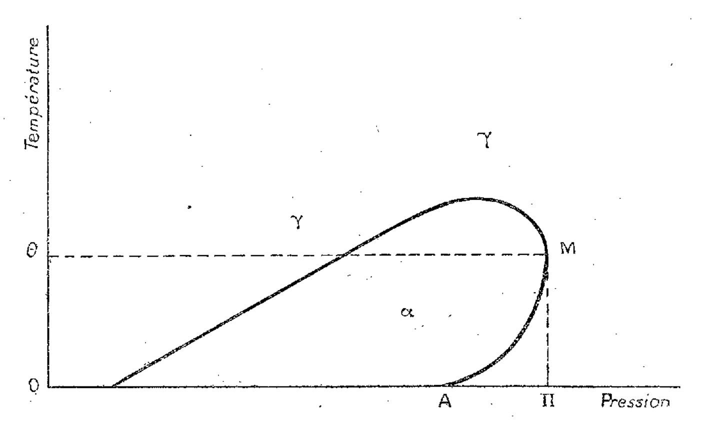


Diagramme d'équilibre d'un composant indépendant en fonction de la température et de la pression.

fonction de la température sont tangentes pour la température θ (point M).

Dans le cas des alliages, on considère généralement les diagrammes tracés en fonction de la température et de la composition. On peut obtenir ainsi des tracés présentant des particularités analogues à celles du tracé ci-dessus, pourvu que les courbes limitant la région dans laquelle se fait le passage de l'état α à l'état γ soient peu écartées l'une de l'autre.

Tel paraît être le cas des alliages fer-silicium, fer-nickel et fer-cobalt. Dans le cas des alliages fer-silicium notamment, on connaît deux branches de la courbe d'équilibre qui seraient situées de part et d'autre du point M, inobservé dans les diagrammes pression-température; mais les essais de Sansfourche (¹) pour relier les deux tronçons sont restés sans résultats. Cet auteur n'a pu que constater l'affaiblissement des caractères de la transformation lorsqu'on approche du point M, affaiblissement déjà constaté sur la partie inférieure de la courbe par Osmond, Charpy et Cornu-Thenard, notamment.

(¹) *Revue de Métallurgie*, 16, 1919, p. 216.

Cette impossibilité d'observer le point M peut s'interpréter en remarquant que dans le voisinage de ce point, le potentiel thermodynamique de la phase α ne peut, lorsque la température varie, dépasser que très peu celui de la phase γ et que, dans ces conditions, les plus petites causes d'irréversibilité suffisent à empêcher la transformation.

Mais l'affaiblissement graduel des caractères de la transformation lorsqu'on approche de la région correspondant au point M est un fait d'expérience à noter. Cette remarque, rapprochée des anomalies importantes de propriétés constatées tant sur le fer pur que sur les aciers au nickel, dans une région où la tangente à la courbe d'équilibre se rapproche d'une parallèle à l'axe des températures, donne à penser que dans le voisinage de ce point M les propriétés des phases distinctes α et γ tendent à se rapprocher, bien que les formes cristallines liées à des réseaux distincts restent nettement différentes.

Nous dirons que les phases tendent vers un état *quasi limite*, et nous rattacherons au voisinage d'états quasi limites l'existence des anomalies de propriété des phases α et γ cristallines.

Cette conception semble susceptible de fournir un guide pour agir sur la température, l'importance et l'étendue des anomalies en faisant varier la composition d'alliages complexes, et notamment des alliages fer-nickel-cobalt qui ont une importance pratique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle préparation de l'α-indanone*. Note de MM. **Ch. Courtot** et **Jan Krolikowski**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les procédés de préparation de l'indanone employés jusqu'ici ne permettent pas à cette molécule, pourtant si intéressante par ses belles aptitudes chimiques, d'occuper la place qu'elle mérite dans les laboratoires et, peut-être même, dans l'Industrie.

Gabriel et Haussmann [1] préparent pour la première fois l'indanone par hydrolyse de l'orthocyanobenzylacétate d'éthyle :

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CO^2C^2H^5\\CN\end{array}\right. + 2H^2O$$
$$= C^6H^4\left\langle\begin{array}{c}CH^2\\CO\end{array}\right\rangle CH^2 + NH^3 + CO^2 + C^2H^5OH.$$

(1) *Ber.*, **22**, 1889, p. 2019.

König (¹) l'obtient à partir de l'acide hydrocinnamique orthocarboxylé. Le sel de calcium de cet acide, ainsi que l'acide bibasique lui-même, fournissent à la distillation sèche, à 280°, de l'indanone :

$$C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2-CO^2H\\ CO^2H\end{matrix}\right. = C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2\\ CO\end{matrix}\right>CH^2+CO^2+H^2O.$$

Kipping (²) prépare l'indanone par cyclisation du chlorure de l'acide phénylpropionique sous l'action du chlorure d'aluminium :

$$C^6H^5-CH^2-CH^2-COCl = C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2\\ CO\end{matrix}\right. + HCl.$$

Ces méthodes sont longues et coûteuses.

Weissgerber (³), en 1911, a déjà notablement simplifié l'accès à l'indanone, en observant qu'on peut l'obtenir quantitativement par oxydation de l'α-indanol avec une solution, même très diluée, de bichromate, déjà à froid, plus vite par léger chauffage à 40°. Mais il convient de souligner que la formation de l'α-indanol, par saponification, à 60°, de l'α-chloroindane au moyen du carbonate de potasse, s'accompagne toujours d'une notable quantité d'indène et de diindanyloxyde :

$$C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2\\ CHCl\end{matrix}\right. \longrightarrow C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2\\ CHOH\end{matrix}\right. \quad \left(\nearrow C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2\\ CH\end{matrix}\right>CH\right)$$

$$\rightarrow C^6H^4\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2\\ CH\end{matrix}\right.-O-\left.\begin{matrix}H^2C-H^2C\\ CH\end{matrix}\right>C^6H^4$$

(¹) *Lieb. Ann.*, 275, 1893, p. 348.
(²) *Journ. of Chem. Soc.*, 65, 1894, p. 484.
(³) *Ber.*, 44, 1911, p. 1446.

de sorte que les rendements en indanol pur ne dépassent pas 41 pour 100.

L'indène régénéré peut évidemment rentrer dans le cycle des opérations et l'indanyloxyde se transforme lui-même en indanone à 80°, sous l'influence du mélange sulfochromique. Mais cette utilisation des trois produits de l'hydrolyse du chloroindane en vue de l'obtention d'indanone nécessite leur séparation, puisque la transformation de l'indanol et de son éther-oxyde ne peut être — étant données les conditions différentes d'oxydation — réalisée en une seule et même opération et que l'indène se résinifie sous l'action du mélange sulfochromique.

Nous nous sommes demandé s'il serait possible d'oxyder directement le chloroindane en indanone. Ce genre d'oxydation est connu depuis longtemps pour les chlorures primaires; Grimaux et Lauth (1) ont transformé le chlorure de benzyle et le chlorure de paraxylylène en aldéhydes correspondants par le nitrate de plomb ou de cuivre ou l'acide nitrique dilué; mais, à notre connaissance, cette oxydation n'a pas été appliquée à la transformation de chlorures secondaires en cétones. L'expérience a pleinement réussi et nous obtenons par oxydation de l'α-chloroindane au moyen d'acide sulfurique à 50 pour 100 et de bichromate de soude à 50 pour 100, à la température de 55-57°, l'α-indanone, avec un rendement de 90 à 95 pour 100 de la théorie. On utilise un atome d'oxygène par molécule de chlorure d'indanyle.

Cette méthode de préparation de l'α-indanone constitue un progrès sensible, tant au point de vue du rendement que de la simplicité du procédé, sur les méthodes rappelées au début de cette Note et même sur celle de Weissgerber; elle peut encore être rendue plus économique, en opérant la chlorhydratation et l'oxydation, non de l'indène pur, produit relativement coûteux, mais de l'indène des huiles indéniques, préparées par une soigneuse rectification des huiles phénoliques du goudron de houille, débarrassées de leurs phénols par traitement à la soude et de leurs bases par lavage aux acides dilués, et recueillies entre 175 et 185°.

Ces huiles renferment de 56 à 62 pour 100 d'indène. On les sature à 0°, de gaz chlorhydrique sec. On chasse sous vide de 10 à 15^{mm} l'excès d'HCl dissous ou labilement fixé à la température de 40-50° et l'augmentation du poids des huiles nous donne l'HCl fixé par l'indène présent et par suite la quantité d'oxydant à employer. On arrive, en opérant comme il a été dit

(1) *Comptes rendus*, 54, 1877, p. 572.

précédemment, à un rendement de 72 pour 100 en indanone pure. Nous avons constaté qu'en éliminant, avant l'oxydation, les produits qui accompagnent l'indène, et qui passent à la distillation sous vide bien avant le chloroindane, le rendement en indanone s'élevait, pour se rapprocher de celui obtenu avec l'indène pur. Les impuretés n'agissent pas, ce que nous avons vérifié, en consommant de l'oxygène, mais par leur simple présence.

Comme les huiles phénoliques du goudron de cokerie renferment environ 10 pour 100 d'indène, l'indanone devient, par le procédé que nous venons de décrire, un produit facilement accessible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de la propylidène et de l'isoamylidène acétone, en passant par les cétols correspondants.* Note [1] de M. **Pastureau** et de Mlle **Zamenhof**, présentée par M. Béhal.

Ayant eu besoin de propylidène acétone

$$CH^3-CH^2-CH=CH-CO-CH^3$$

et d'isoamylidène acétone

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH-CH^2-CH=CH-CO-CH^3,$$

comme matières premières pour certaines recherches qui seront prochainement publiées, nous avons obtenu ces deux acétones non saturées par le procédé de Barbier et Bouveault [2] en condensant respectivement l'aldéhyde propionique et l'aldéhyde isovalérique avec l'acétone ordinaire sous l'influence de la soude en solution diluée.

Nous avons ainsi obtenu un rendement de 25 pour 100 du rendement théorique pour la propylidène acétone et de 50 pour 100 pour l'isoamylidène acétone.

Cherchant à améliorer ces rendements, nous avons obtenu pleine satisfaction en employant la méthode d'aldolisation décrite par M. Grignard [3]

---

(1) Séance du 11 janvier 1925.

(2) *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 198; **120**, 1896, p. 1269.

(3) *Bull. Soc. ch.*, 4e série, **1**, 1907, p. 114.

dès 1907 et employée par MM. Grignard et Dubien [1] en 1924 pour préparer la butylidène acétone. Cette méthode consiste à aldoliser le mélange d'aldéhyde et d'acétone en solution éthérée et refroidie, par une solution de soude, et à isoler le cétol intermédiaire qui est ensuite déshydraté.

Nous avons ainsi obtenu pour la propylidène acétone un rendement de 54 pour 100 par rapport à l'aldéhyde propionique et pour l'isoamylidène acétone un rendement de 63 pour 100 par rapport à l'isovaléral.

Préparation des cétols, de la propylidène et de l'isoamylidène acétone. — Le mélange : acétone 200^g, éther 40^g, solution de soude, à 15 pour 100, 100^g, est placé dans un flacon de Mariotte fermé par un bouchon portant un thermomètre. La tubulure latérale porte une ampoule à robinet contenant 100^g d'aldéhyde, on place le flacon entouré de glace fondante sur une machine à agiter donnant 110-120 secousses à la minute et l'on introduit goutte à goutte l'aldéhyde. On prolonge ensuite l'agitation pendant 2 heures. Au bout de ce temps, on sépare les deux couches.

La couche inférieure est épuisée à l'éther et les éthers d'extraction sont réunis à la couche supérieure, on lave à l'acide acétique; dilué, au carbonate de sodium et à l'eau. Après dessiccation sur du sulfate de sodium anhydre on distille l'éther et l'acétone et l'on rectifie le résidu sous presion réduite.

On obtient ainsi l'hexanolone pour une température d'aldolisation comprise entre 0° et 5° avec un rendement de 60 pour 100 du rendement théorique et la méthylheptanolone pour une température inférieure à 20° avec un rendement de 70 pour 100.

Hexanol-3-one-5 $CH^3-CH^2-CHOH-CH^2-CO-CH^3$. — Ce cétol est un liquide incolore presque inodore, bouillant à 90° sous 25^{mm}. Il possède une grande tendance à se déshydrater pour donner la propylidène-acétone. Rectifié dans un vide de 30^{mm}, il perd un peu d'eau à chaque tour de fractionnement, comme il est facile de s'en assurer en prenant chaque fois ses constantes physiques. On trouve un léger abaissement de la densité et quand la déshydratation est un peu avancée, on perçoit l'odeur caractéristique de la propylidène acétone.

Densité $d_4^{15} = 0,951$; indice de réfraction $n_D^{18} = 1,4368$.

Réfraction moléculaire $\frac{n^2-1}{n^2+2} \times \frac{M}{d} = 31,98$; calculée, 31,43.

Analyse. — Poids de la substance, $0^g,1672$; poids de CO^2, $0^g,3818$; poids de H^2O, $0^g,1566$.

---

[1] *Ann. de Chimie*, 10e série, **11**, 1924, p. 289.

Trouvé pour 100..........	C = 66,28	H = 10,48
Calculée pour $C^5H^{12}O^2$.....	C = 62,02	H = 10,42

Méthyl-2-heptanol-4-one-6 $\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>\!CH - CH^2 - CHOH - CH^2 - CO - CH^3$. — Ce cétol constitue un liquide incolore, assez mobile. A l'état impur il possède une action légèrement lacrymogène dont le produit rectifié est privé. On peut le rectifier sous pression réduite sans la moindre décomposition. Il bout à 75° sous une presson de 7^{mm}.

Densité $d_4^{20} = 0,9247$; indice de réfraction $n_D^{20} = 1,4366$.

Réfraction moléculaire $\frac{n^2-1}{n^2+2} \times \frac{M}{d} = 40,82$; calculée, 40,62.

Analyse. — Poids de la substance, $0^g,1436$; poids de CO^2, $0^g,3492$; poids de H^2O, $0^g,1448$.

Trouvé pour 100..........	C = 66,32	H = 11,28
Calculé pour $C^8H^{16}O^2$.......	C = 66,61	H = 11,19

Déshydratation des cétols et passage aux acétones non saturées correspondantes. — Nous avons essayé divers procédés de déshydratation : procédé de Hibbert à l'aide d'une trace d'iode, procédé de Pauly et Berg à l'aide d'acide oxalique, etc. Parmi tous ces procédés, celui qui nous a donné les meilleurs résultats est celui que M. Locquin [1] a employé pour déshydrater l'aldol de Heintz et le transformer en oxyde de mésityle. Ce procédé consiste à distiller les cétols après les avoir additionnés de 2 pour 100 d'acide oxalique anhydre.

Le produit obtenu est séparé de l'eau par décantation, desséché sur du sulfate de sodium anhydre, puis, pour achever sa dessiccation, distillé très lentement avec le tiers de son poids de benzène parfaitement sec, suivant la méthode de Young employée par MM. Grignard et Dubien pour dessécher la butylidène-acétone.

La transformation des deux cétols en acétones non saturées est ainsi à peu près quantitative et nous avons obtenu la propylidène et l'isoamylidène-acétone avec un rendement de 90 pour 100 à partir des cétols.

---

(1) *Annales de Chimie*, 9e série, 19, 1923, p. 41.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les orientations mutuelles de cristaux déterminées par la seule coïncidence d'une maille plane des deux espèces.* Note de M. L. **Royer**, présentée par M. P. Termier.

L'orientation mutuelle de cristaux d'espèces différentes est souvent déterminée par la quasi-identité de leurs mailles en forme et dimension. Tels sont les cas des sels haloïdes à structure NaCl entre eux, ou de ces sels et de la galène [1], ou des sels haloïdes à structure CsCl entre eux. Dans ces cas, l'accolement parallèle a lieu quelle que soit la surface de contact.

L'orientation de certains sels haloïdes à structure NaCl, ou de NO^3Na, sur la face $p(001)$ de clivage du mica semblait montrer que l'orientation mutuelle est également possible quand il n'y a quasi-identité que pour une *maille plane* des deux espèces, sans qu'il intervienne aucune coïncidence des réseaux dans la troisième dimension. En ce cas, l'orientation mutuelle n'a lieu que lorsque l'accolement se fait suivant ce plan dont le réseau est commun aux deux espèces. Toutefois, la structure du mica étant encore mal connue, cette conclusion pouvait sembler encore douteuse.

Les observations suivantes en apportent une preuve décisive.

Les sels haloïdes à structure NaCl (réseau cubique du mode octaédral) ne donnent aucun accolement *parallèle* avec les sels haloïdes à structure CsCl (réseau cubique hexaédral), les paramètres du cube étant trop différents. Les accolements parallèles que Barker [2] a cru observer entre NaCl et AmBr ne sont pas réels. La formation de cubes orientés de NaCl sur AmBr est due à la dissolution de AmBr par la solution de NaCl et à la formation d'un cristal mixte qui s'oriente parallèlement au cristal porteur. L'emploi de liqueurs d'indices gradués permet en effet de constater aisément que les cristaux déposés ne sont pas du NaCl, mais ont un indice intermédiaire entre ceux du NaCl et du AmBr.

Notons à ce propos que pour tous les essais d'accolements entre sels solubles la vérification de la nature du sel déposé, notamment par la mesure de l'indice au moyen de la méthode d'immersion, est indispensable et con-

(1) L. Royer, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2051.
(2) V. Barker, *Zeitschr. für Krystall.*, 45, 1908, p. 41.

duit souvent à constater des erreurs du genre de celle que nous venons de signaler.

Mais s'il n'y a point d'accolements parallèles entre sels haloïdes des deux structures, des accolements *non parallèles* très remarquables s'observent entre eux.

Remarquons que l'aire réticulaire d'un plan (pqr) dans la structure NaCl a pour expression $s = \frac{a^2}{2}\sqrt{p^2+q^2+r^2}$ lorsque les indices ne sont pas tous impairs, et $s = \frac{a^2}{4}\sqrt{p^2+q^2+r^2}$ lorsque tous sont impairs. Dans la structure CsCl, on a $s' = a'^2\sqrt{p^2+q^2+r^2}$ pour tous les plans; a et a' sont les paramètres de la maille cubique.

Tenons-nous-en au cas où pqr ne sont pas tous impairs. Pour que deux plans puissent coïncider par tous leurs nœuds il faut avant tout que leurs aires réticulaires soient égales. Ce qui exige que $a' = a\frac{\sqrt{2}}{2}$. Cette condition se trouve très exactement réalisée pour AmBr (structure CsCl, $a' = 3,99$ U.Å.) et NaCl ($a = 5,63$ U.Å.).

On constate aisément, d'autre part, que lorsque cette première condition nécessaire est réalisée, deux plans et deux seulement ont des mailles planes de formes telles qu'elles sont identiques dans les deux espèces. Ce sont :

1° La face du cube $p(100)$, pour laquelle les deux mailles planes sont identiques moyennant une rotation de 45° autour de l'axe quaternaire normal à $p(100)$.

2° La face du dodécaèdre $b^1(110)$, pour laquelle les deux mailles planes sont identiques moyennant une rotation de 90° autour de l'axe binaire normal à $b^1(110)$.

Or ces deux accolements, et ces deux seulement, s'observent entre NaCl et AmBr.

1° Sur la face $p(100)$ de NaCl, une solution alcoolique de AmBr (additionnée d'urée pour provoquer la formation de cubes bien distincts) détermine le dépôt de cristaux de AmBr, tournés de 45° par rapport au NaCl autour de la normale à la face $p(100)$ commune. Le même accolement s'observe par dépôt de NaCl sur AmBr. Il n'a lieu sur aucune autre face.

2° Sur la face $b^1(110)$ de NaCl, on obtient dans les mêmes conditions des cristaux de AmBr accolés à celui-ci par la face $b^1(110)$ et tournés par

rapport à lui de 90° autour de la normale à la face b^1(110) commune. Cette orientation, différente de la précédente, s'observe exclusivement sur la face b^1(110).

3° Sur les autres faces, telles que a^1(111) ou b^2(210), aucun accolement régulier n'a pu être obtenu.

Dans ces deux accolements non parallèles, seuls observés et qui paraissent d'ailleurs être les seuls possibles (au moins pour deux faces de mêmes indices et avec coïncidence de tous les nœuds dans ces faces), les dimensions des réseaux dans le sens normal au plan d'accolement sont tout à fait différentes dans les deux espèces et ne comportent aucune coïncidence. Il est manifeste, en ces cas, que ce qui détermine l'orientation mutuelle, c'est uniquement l'identité de deux mailles planes. Non seulement, dans le phénomène d'orientation mutuelle, qui se rattache intimement à la croissance du cristal homogène et à celle des cristaux mixtes, la nature chimique des atomes n'intervient que très peu ou pas, et la pure coïncidence géométrique des nœuds joue le rôle principal sinon unique, mais on voit ici que cette coïncidence peut parfois se réduire à une question de géométrie plane dans le plan d'accolement.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'orage magnétique du 26 janvier 1926.* Note de MM. **Ch. Maurain** et **L. Éblé**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Un orage magnétique d'une grande intensité s'est produit le 26 janvier 1926. Les éléments magnétiques, à l'Observatoire du Val-Joyeux, ont subi d'abord une petite variation à $15^h 32^m$, puis à $16^h 20^m$ ont commencé des variations d'une grande amplitude, qui ont continué jusqu'à environ 3^h dans la nuit du 26 au 27. L'amplitude des variations a atteint pour la déclinaison 58′; pour la composante horizontale 0,00445, soit $\frac{1}{44}$ de sa valeur; pour la composante verticale 0,00140. Au cours de ces variations il y en a eu d'extrêmement brusques; pour l'une d'elles, par exemple, un peu avant 17^h, les trois éléments précédents varient en un temps qui n'excède pas une ou deux minutes de 26′, 0,00140 et 0,00060.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Extinction des perturbations magnétiques à la périphérie de l'Etna.* Note de M. RAYMOND CHEVALLIER, présentée par M. M. Brillouin.

Nous avons montré dans un Mémoire antérieur (¹) que l'orientation moyenne de l'aimantation d'une coulée redonne sensiblement la déclinaison à l'époque de sa solidification, à la condition que le massif volcanique dont elle fait partie ne crée pas une perturbation considérable du champ terrestre, fonction de la position géographique du courant. Nous avons déduit de mesures de déclinaison faites en terrain volcanique sur le pourtour de l'Etna, qu'il en était vraisemblablement ainsi pour ce volcan. La majeure partie des écarts tient aux masses aimantées proches et s'élimine dans les moyennes; l'action globale du massif se réduit à une perturbation de 3 à 4 grades au maximum, amenant une croissance régulière de la déclinaison moyenne du Sud au Nord.

La présente Note a pour but une vérification directe de ces conclusions. L'Etna reposant sur des terrains sédimentaires, nous avons effectué, à la limite des roches volcaniques, sur la base d'argile ou de grès, uue série de mesures de déclinaison enveloppant tout le massif, de Catane à Giarre par l'intérieur de l'île. Nous nous placions à 500^{m} environ de la limite extrême des laves et faisions deux mesures en deux points distants d'une cinquantaine de mètres, pour apprécier l'uniformité du champ. Les influences locales étant éliminées, nous devions retrouver l'ordre de grandeur prévu pour l'action globale du massif.

Le déclinomètre utilisé comprenait un barreau aimanté tubulaire portant une lentille et un micromètre à ses extrémités. A l'équilibre on pointait avec une loupe l'image de l'objet éloigné en coïncidence avec le micromètre, réalisant ainsi une lunette réglée à l'infini. En visant le même objet avec la lunette du théodolite, on repérait sur le cercle horizontal le méridien magnétique. On effectuait les corrections habituelles. La précision des mesures pouvait atteindre le $\frac{1}{10}$ de grade.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant. Pour la détermination exacte des stations et autres détails, on se reportera au Mémoire complet :

(¹) R. CHEVALLIER, *Ann. de Phys.*, 10e série, 4, 1925, p. 83 et suiv.

Stations.	Déclinaisons mesurées.	Différence.	Déclinaison moyenne (grades occidentaux).
Catane............	$\delta_1 = 6,03$ $\delta_2 = 6,10$	07	6,07
Paternò...........	$\delta_1 = 6,15$ $\delta_2 = 6,29$	14	6,22
Adernò...........	$\delta_1 = 6,25$ $\delta_2 = 6,18$	07	6,22
Bronte............	$\delta_1 = 6,40$ $\delta_2 = 6,37$	03	6,38
Randazzo..........	$\delta_1 = 6,59$ $\delta_2 = 6,88$	29	6,73
Mojo..............	$\delta_1 = 4,31$ $\delta_2 = 4,96$	65	4,63
Piedimonte.........	$\delta_1 = 5,29$ $\delta_2 = 5,64$	35	5,46

Les nombres exprimant la déclinaison moyenne diffèrent au maximum de deux grades et toutes les conclusions rappelées au début de cette Note subsistent.

De plus la déclinaison croît régulièrement quand on passe de Catane à Randazzo, villes diamétralement opposées par rapport au cratère. A Mojo et Piedimonte les mesures ont été faites dans une région où le champ était fort peu uniforme, ce qui indique l'influence de masses proches.

Écartant donc ces dernières valeurs, nous trouvons comme moyenne des cinq autres 6,32 grades occidentaux, nombre en bon accord avec la déclinaison normale hors du massif : 6,44 grades occidentaux (¹).

L'influence globale se réduit donc à troubler cette déclinaison normale de — 0,35 grade, à Catane, à + 0,35 grade, à Randazzo, avec une variation régulière dans l'intervalle.

Pour en déduire le champ perturbateur il faudrait adjoindre à nos mesures celles des composantes horizontales ; avec la seule déclinaison une infinité de solutions sont possibles. Il serait donc vain d'imaginer des schémas d'aimantation moyenne du massif interprétant nos anomalies.

On notera pourtant qu'en prenant 0,25 *gauss* comme composante horizontale du champ terrestre non troublé, un champ de 0,001 gauss normal

(¹) Ce nombre a été calculé pour octobre 1924, date de mes mesures, à l'aide des cartes de l'*Atlas magnétique* publié sous la direction de Ch. Maurain. Paris, Presses universitaires, 1925.

au précédent ferait tourner la déclinaison d'environ 0,3 *grade*. Or, si nous remplaçons l'action de l'Etna par celle d'un aimant central horizontal de moment $\mathfrak{M} = \mathfrak{J}.v$ (v = volume du massif, $\mathfrak{J}$ = aimantation de la lave), nous retrouvons sur le pourtour du cône figurant le massif une composante tangentielle maximum de l'ordre de 0,001 gauss, si nous prenons $\mathfrak{J} = 0,007$ C. G. S., ce qui est bien l'ordre de grandeur de l'aimantation des laves.

D'où les conclusions générales de cette étude :

1° L'action globale du massif apporte à la déclinaison normale 6,4 *grades* une perturbation minimum à Catane (— 0,35 grade), maximum à Randazzo (+ 0,35 grade) et variant régulièrement dans l'intervalle.

2° Le champ pouvant produire cet écart est bien de l'ordre de celui prévu à partir de l'aimantation connue des laves de l'Etna.

3° Étant donnée la petitesse de l'action globale du massif, la déclinaison moyenne figée dans les laves d'une coulée, fournit pratiquement la déclinaison normale hors du volcan, quelle que soit la situation géographique du courant.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Polarisation de la lumière du ciel nocturne.* Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. A. Cotton.

I. Lord Rayleigh a reconnu l'existence d'une polarisation partielle de la lumière du ciel nocturne ([1]), mais les observations de H. A. Babcock ont montré que la proportion de lumière polarisée devait être très faible ([2]).

J'ai cherché à la mesurer à l'aide du dispositif déjà utilisé dans le cas de la lumière zodiacale ([3]). On photographie à travers un analyseur biréfringent un diaphragme éclairé par une petite région du ciel; des poses d'étalonnage de même durée, faites avec des éclairements gradués permettent de tracer la courbe de noircissement de la plaque étudiée au microphotomètre ([4]).

L'appareil, orienté dans le méridien, était pointé vers le Nord, à une distance connue du zénith. La section principale du biréfringent était verticale ou horizontale, de sorte qu'on mesurait le rapport $\frac{i}{I}$ des éclairements

([1]) Lord Rayleigh, *Astrophysical Journal*, 50, 1919, p. 227.

([2]) H.-A. Babcock, *Astrophysical Journal*, 50, 1919, p. 228.

([3]) J. Dufay, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 399.

([4]) Le microphotomètre permettant de déceler une différence de densité $\delta D = 0,01$, et le facteur de développement γ étant au moins égal à 1,5, on peut mettre en évi-

relatifs à la vibration contenue dans le méridien et à la vibration rectangulaire [1].

II. J'ai obtenu ainsi, par ciel pur, à Montpellier, puis à Courbons (Basses-Alpes, altitude 900^m) les résultats suivants (février à septembre 1925) :

1° Vers minuit le rapport $\frac{i}{I}$ est toujours un peu inférieur à l'unité. Il existe donc bien une faible polarisation.

2° Lorsqu'on fait une série de poses au cours de la nuit, on trouve que ce rapport varie et passe par un minimum à minuit vrai. Le plan de polarisation est donc lié à la position du Soleil et passe par le Soleil à minuit. On mesure alors la « dépolarisation » ρ, d'où la proportion de lumière polarisée $p = \frac{1-\rho}{1+\rho}$.

Si l'on suppose que le plan de polarisation passe constamment par le Soleil, sans que change la dépolarisation, on doit avoir à chaque instant :

$$\frac{i}{I} = \frac{\rho + \operatorname{tang}^2\Phi}{1 + \rho \operatorname{tang}^2\Phi},$$

Φ étant l'angle que forme, avec le méridien, le plan passant par le Soleil et la ligne de visée. Cette formule représente bien les variations observées, au degré d'approximation des mesures ($\frac{1}{50}$ environ). Voici par exemple les nombres obtenus à Courbons, dans la nuit du 24 au 25 septembre :

d = distance angulaire au Soleil à minuit = 85° ;

$\rho = 0,96$; $p = 0,02$.

Φ	−9°48′.	−2°31′.	+13°48′.	+26°6′.	+38°37′.	+51°3′.
$\frac{i}{I}$ calculé	0,962	0,960	0,964	0,975	0,991	1,008
$\frac{i}{I}$ observé	0,965	0,960	0,968	0,970	0,984	1,009

dence, par ce procédé, une « dépolarisation » ρ telle que

$$\log\rho = \log\frac{i}{I} = -\frac{\delta D}{\gamma} = -\frac{0,01}{1,5},$$

ce qui correspond à $\rho = 0,984$ et $p = \frac{1}{120^e}$.

[1] En lumière naturelle les éclairements des deux images données par le biréfringent ne sont pas rigoureusement égaux. Il existe une légère dissymétrie, étudiée au laboratoire, dont on a tenu compte. Les poses sont faites sur le ciel dans les deux positions rectangulaires, à titre de vérification.

On voit en particulier que, lorsque l'angle Φ dépasse 45°, $\frac{i}{I}$ devient supérieur à 1, comme il était prévu.

3° Enfin la dépolarisation semble varier légèrement avec la distance angulaire *d* du Soleil. La courbe représentative, qu'il n'est pas encore possible de tracer avec certitude, paraît avoir une certaine ressemblance avec celle que j'ai obtenue pour la lumière zodiacale; la polarisation serait maximum vers $d = 65$ à 70°.

d	40°.	50°.	70°.	85°.
ρ	0,94	0,93	0,92	0,96
p	0,03	0,035	0,04	0,02

III. J'ai montré précédemment que le spectre du ciel nocturne était identique au spectre solaire dans les régions bleue, violette et ultraviolette, seules étudiées [1]. Il résulte des observations nouvelles qu'une partie au moins de la lumière du ciel nocturne provient effectivement d'une diffusion de la lumière solaire.

La polarisation est si faible que l'on est tenté d'attribuer la diffusion, hors de l'atmosphère, à de grosses particules plutôt qu'à des molécules gazeuses [2]. Il s'agit peut-être d'une extension de la lumière zodiacale sur le ciel entier [3].

BOTANIQUE. — *Sur le polymorphisme de l'androcée chez* Knautia arvensis *Coult*. Note de M. **P. Lavialle**, présentée par M. Guignard.

M. Müller [4], dans un travail sur la pollinisation des fleurs par les insectes, décrit chez *Knautia arvensis* Coult. deux catégories de fleurs : 1° des fleurs à étamines fertiles, qu'il nomme hermaphrodites; 2° des fleurs à étamines avortées, mais visibles, qu'il nomme femelles.

---

(1) J. Dufay, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1290.

(2) A moins d'admettre que la lumière solaire diffusée n'explique qu'une très faible partie de la brillance du ciel.

(3) C'est à cette conclusion que s'est arrêté P.-J. van Rhijn, à la suite de ses mesures photométriques (*Astrophysical Journal*, **50**, 1919, p. 356).

(4) Hermann Müller, *Die Befruchtung der Blumen durch Insekten*, Leipzig 1873, p. 367.

Cette description et aussi celle de Höck [1] qui reproduit les figures de Müller, m'ont laissé penser longtemps que *K. arvensis* n'a qu'une seule catégorie de fleurs à étamines fertiles. Dans l'étude que j'ai faite [2] sur de jeunes boutons floraux, j'ai toujours considéré les fleurs à étamines riches en pollen comme correspondant aux fleurs hermaphrodites de Müller.

Cependant j'ai été frappé par le fait qu'aucun des nombreux boutons floraux étudiés n'était dépourvu d'étamines bien développées et que, dans tous les cas, chacune de ces étamines produisait quatre sacs polliniques remplis de gros grains de pollen à la maturité.

En examinant les faits de très près, j'ai vu que les étamines stériles de Müller sont celles à filets courts, à anthères dépourvues d'assise mécanique et indéhiscentes, que j'ai décrites récemment comme représentant la catégorie unique d'étamines fertiles de Müller. Il y a en réalité chez *K. arvensis* deux catégories d'étamines fertiles, dont les grains de pollen sont sensiblement en même nombre, de même forme extérieure et ont une membrane identique. Les différences essentielles et immédiates résident dans la présence d'un long filet et d'une assise mécanique pour les étamines des fleurs hermaphrodites de Müller; tandis que les étamines des fleurs stériles du même auteur ont un filet court qui s'allonge légèrement après l'épanouissement, sans porter l'anthère hors de la corolle et sont entièrement dépourvues d'assise mécanique.

La répartition de ces étamines dans les fleurs et sur les capitules est beaucoup moins simple que ne le signale Müller, pour lequel il y aurait des capitules hermaphrodites et des capitules femelles. Je signalerai tout d'abord que, dans le bouton floral très jeune, il est assez difficile de décider si l'on a affaire à une fleur hermaphrodite ou à une fleur femelle selon Müller. Les anthères sont, au début, à peu près de même volume dans les deux cas. Plus tard seulement, mais cependant bien avant l'épanouissement de la corolle, les filets staminaux peuvent s'allonger et s'incurver vers le pistil, ou rester courts. En même temps, dans le cas des étamines à long filet, apparaît une assise mécanique sous-épidermique simple très différenciée. Quant au pollen des étamines longues, il est mis en liberté par déhiscence régulière.

1° *K. arvensis* présente trois catégories de fleurs : *a.* Fleurs à étamines courtes, incluses dans le tube corollin même après l'épanouissement, indéhiscentes, à protandrie très accentuée; *b.* Fleurs à étamines longues, courbées au milieu du filet de façon à porter l'anthère vers le style, sous le stigmate, se déployant après l'épanouissement, pourvues d'une assise mécanique unique très différenciée, déhiscentes; *c.* Fleurs mixtes qui contiennent, à la fois, des étamines longues et courtes. Ici, le nombre relatif des étamines

---

(1) Engler et Prantl, *Natürliche Pflanzen Familien*, IV Teil, IV et V Abteil., p. 182.

(2) P. Lavialle, *Anthère et pollen chez* Knautia arvensis (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 77).

longues et courtes est variable : 1 et 3, 2 et 2,3 et 1. Les fleurs mixtes sont, toutefois, peu nombreuses par rapport aux autres.

2° Il y a trois catégories importantes de capitules : *a.* capitules presque exclusivement couverts de fleurs à étamines courtes et indéhiscentes; *b.* capitules presque exclusivement couverts de fleurs à étamines longues et déhiscentes; *c.* capitules sur lesquels on trouve mélangées, en proportions très variables, des fleurs à longues et à courtes étamines.

J'ajoute que l'examen attentif d'un grand nombre de capitules, portant chacun de 50 à 70 fleurs, ne m'a pas permis d'en rencontrer un seul où ne figurât qu'une seule catégorie de fleurs. Les deux capitules les plus homogènes avaient : l'un 58 fleurs à étamines longues et 3 à étamines courtes; l'autre portait 49 fleurs à étamines courtes et 1 à étamines longues. Les autres présentaient, par exemple, $\frac{1}{5}$ des fleurs à étamines longues et $\frac{4}{5}$ à étamines courtes, ou l'inverse.

C'est donc le hasard qui a placé sous ma main les échantillons très jeunes que j'ai étudiés précédemment et qui correspondent exclusivement à des fleurs à étamines courtes indéhiscentes.

BOTANIQUE. — *Sur la carnosité des cotylédons et la forme buissonnante de la tige héritées dans le* Lepidium sativum *salé*. Note de M. Pierre Lesage, présentée par M. Guignard.

Dans la longue série de mes expériences sur le *Lepidium sativum* arrosé à l'eau salée (1911 à 1925), je désire relever et signaler deux groupes de faits qui méritent de retenir l'attention, parce qu'ils montrent que la salure peut provoquer l'apparition de caractères héritables jusqu'à la quatrième génération non salée : la forme dodue des graines due à la carnosité des cotylédons, et la forme buissonnante de la plante adulte avec des modifications corrélatives.

Carnosité des cotylédons. — J'ai observé en 1913, en 1916 et tous les ans depuis cette dernière époque, que les graines des plantes salées sont plus courtes et plus arrondies que celles des plantes témoins non salées, et j'ai signalé plusieurs fois la forme dodue de ces graines. Je vois, dans mes notes de 1916, que les graines de première génération non salée issue de plantes salées présentaient cette forme dodue, mais moins accentuée que dans les salées; la même remarque est faite en 1918 pour la première génération non salée où le caractère graine dodue est atténué ou semble disparaître. Dans

les années suivantes, je retrouve des observations du même genre où l'hérédité du caractère considéré est en discussion. Mais, dans les cultures de 1925, la question est tranchée, jusqu'à la quatrième génération non salée, en faveur de l'hérédité. Dans ces cultures, je pouvais comparer : des plantes salées; des plantes de première, deuxième, troisième et quatrième génération non salée, mais issues de plantes salées; et, enfin, des plantes témoins jamais salées. Dans les deux premières catégories, les plantes sont plus courtes, plus arrondies que celles des témoins. Sur la coupe transversale de ces dernières, le contour est triangulaire avec des angles légèrement arrondis, tandis que celui des graines des deux premières catégories est presque circulaire. Dans celles-ci, la forme est souvent comparable à celle d'un ellipsoïde de révolution dont l'axe se raccourcit parfois jusqu'à rapprocher de la forme presque sphéroïdale.

En isolant et étudiant les embryons, on voit que cette forme arrondie est due aux cotylédons trifoliolés dont les folioles sont charnues et plus épaisses que celles des témoins. La salure a donc provoqué la carnosité des cotylédons et cette carnosité, en même temps que la forme dodue résultante, s'est montrée héréditaire jusqu'à la quatrième génération non salée, en 1925.

Forme buissonnante de la plante adulte. — En 1922, des graines de 1919, mûries sur des plantes arrosées avec des solutions de chlorure de sodium à 14 pour 1000, donnèrent des plantes de première génération non salée qui se montrèrent très ramifiées, avec un port très différent de celui des témoins et qui piqua ma curiosité. Les graines de ces plantes, semées en 1923, me donnèrent une deuxième génération non salée avec tiges très ramifiées, à rameaux plus longs et plus grêles que ceux des témoins. En outre, quand ceux-ci ne portaient que des fruits et plus de fleurs, les rameaux de cette deuxième génération non salée présentaient encore, au-dessus de fruits plus avancés que les précédents, des fleurs plus ou moins épanouies, et l'on avait l'impression d'une reprise de l'allongement de ces rameaux. La même observation fut faite, en 1924, sur la troisième génération non salée et, en 1925, sur la quatrième génération non salée. Parallèlement à ces cultures, des cultures de première et de deuxième génération non salée, obtenues avec des graines salées de 1923 et de 1924, donnèrent le même résultat. De telle sorte que, en 1925, j'ai pu comparer aux plantes témoins des plantes de première, deuxième, troisième et quatrième génération non salée issue de plantes salées et vérifier, dans ces quatre générations, la reproduction de ce port buissonnant dont l'hérédité n'est plus discutable,

au moins jusqu'à la quatrième génération. Voici les caractéristiques de ce port. Alors que, dans les plantes témoins jamais salées, la tige ne porte des rameaux que vers sa partie supérieure, rameaux relativement courts, trapus, avec des fruits serrés, les plantes non salées, issues de plantes salées, ont des rameaux nombreux, beaucoup plus près de la base, à allongement tardif, rameaux longs, grêles et portant des fruits très écartés les uns des autres.

BOTANIQUE. — *Les affinités de la flore des sommets volcaniques du Tibesti (Afrique centrale).* Note de M. **François Pellegrin**, présentée par M. H. Lecomte.

Au cours d'une exploration des massifs montagneux du Sahara oriental, la mission Tilho (1912-1917) a pu atteindre, dans la région du Tibesti, à la frontière franco-anglo-égyptienne, les hauteurs formant la ligne de partage des eaux du Nil et du Lac Tchad, comme l'a indiqué M. Tilho lui-même, dans une Note précédente, ici-même (1).

L'un des principaux de ces reliefs est l'Emi-Koussi, dans le massif du Tibesti, situé, dans le Sahara oriental, à peu près à mi-distance entre la Tripolitaine au Nord, et le Lac Tchad au Sud.

De cette région, la mission Tilho a rapporté une collection de spécimens botaniques qui ont été donnés au Muséum d'Histoire naturelle, où j'ai pu en entreprendre l'étude comme je l'avais déjà fait pour la première collection Tilho, rapportée en 1909 de la région Niger-Tchad.

Ces collections présentent un particulier intérêt car elles proviennent d'une région où seul Nachtigal (1869) était allé jusqu'en ces dernières années.

Sans pouvoir exposer ici la liste complète des collections Tilho, liste qui sera donnée par ailleurs, il m'a semblé intéressant de considérer les plantes provenant du sommet même de l'Emi-Koussi, c'est-à-dire cueillies entre 3000m et 3400m, et d'en rechercher les affinités en les rapprochant des flores déjà plus ou moins bien connues des régions avoisinantes ou même assez éloignées mais dont l'altitude analogue permet des comparaisons.

Les régions devant être comparées au Tibesti nous ont semblé être le pays des Touaregs dont la flore est connue surtout par les travaux de Bat-

(1) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 563.

tandier et Trabut, les hauteurs de l'Aïr que la mission Foureau-Lamy surtout a fait connaître, la flore des hauts plateaux et des montagnes de l'Ahaggar dont les matériaux de la mission Chudeau ont été étudiés par Bonnet, la région du Tchad explorée surtout par M. Chevalier et, d'autre part, vers l'Est, les régions élevées d'Abyssinie, étudiées par Quartin-Dillon et Petit, et celles du Dar-Four, du Kordofan, connues surtout par les travaux anglais et la *Flora of Tropical Africa*.

La flore du sommet de l'Emi-Koussi est composée principalement des végétaux suivants :

Reseda villosa Coss. « Tosso », plante méditerranéenne que l'on trouve au Maroc, en Algérie et largement distribuée dans la région désertique jusqu'au Soudan et jusqu'à Tombouctou.

Globularia Alypum L. « Yekke ou Moyoukou », plante de la région méditerranéenne surtout orientale, signalée aux pays des Touaregs par Battandier et Trabut.

Un Séneçon du groupe *S. Gallicus* Chaix « Oudrissi », forme des touffes abondantes à plus de 3000^m; il est intéressant par ses affinités méditerranéennes bien nettes. Il est répandu dans l'Europe centrale.

Silene villosa Forsk. « Ohoti » est une Caryophyllée de la région méditerranéenne signalée jusque dans le Sahara soudanais, dans l'oasis de Bilma où elle a été trouvée par M. Chevalier.

Un *Echium* « Kochi » pousse aussi vers 3000^m. C'est l'*Echium humile* Desf. de la plupart des auteurs. Pourtant les échantillons que j'ai examinés sont tout à fait comparables à ceux que de Coincy, monographe du genre *Echium*, nomme *Echium sericeum* Vahl, espèce du reste très voisine. Tandis que l'*E. humile* est signalé, non seulement dans la région méditerranéenne, mais aussi dans la région désertique saharienne où il est largement représenté, l'*E. sericeum* Vahl est moins répandu vers le Sud; il est de caractère plus exclusivement méditerranéen.

A ces diverses plantes il faut ajouter le *Solanum nigrum* L. déjà signalé dans la région désertique, et une Polygonacée : *Rumex vesicarius* L. « Ahour » ou « Hajour » des régions désertiques de la Nubie principalement.

Les plantes citées ci-dessus permettent une première approximation de la flore du sommet de l'Emi-Koussi. Comme il fallait s'y attendre, ces plantes sont pour quelques-unes sahariennes, mais pour la plupart d'affinités nettement méditerranéennes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Carum Carvi *L.* Note de M. R. SOUÈGES, présentée par M. L. Guignard.

L'embryon du *Carum Carvi* L. se développe selon des processus très étroitement comparables à ceux qui ont pu être observés chez certains *Solanum* (1) et chez le *Sherardia arvensis* (2).

A une tétrade composée de quatre cellules superposées, *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 3 et 4), et provenant de la segmentation transversale des deux cellules, apicale, *ca*, et basale, *cb*, du proembryon bicellulaire (*fig.* 1 et 2), succèdent des formes hexa- et octocellulaires qui peuvent se définir par le mode de cloisonnement, transversal ou longitudinal, des deux éléments superposés *l* et *l'*. Les deux éléments inférieurs, *m* et *ci*, se divisent le plus généralement par des cloisons transversales. Dans ce cas, le proembryon octocellulaire présente nécessairement six, sept ou huit étages. Assez souvent le nombre de ces étages se trouve réduit par suite de la segmentation verticale ou plus ou moins oblique des deux cellules inférieures de la tétrade.

En prenant, pour point de départ, ces différents types octocellulaires, on peut donner une explication largement suffisante du mode de construction de toutes les formes proembryonnaires jusqu'au moment où la différenciation, externe et interne, permet de reconnaître nettement la séparation des régions fondamentales du corps. Par exemple, au proembryon octocellulaire de la figure 8 peut être rattaché celui qui se trouve représenté en 18; dans les deux cas, les deux cellules supérieures de la tétrade, *l* et *l'*, se sont segmentées verticalement. En 9 et 10, on peut voir des proembryons dont les formes dessinées en 11, 13, 15, 20, 23 et très vraisemblablement 27, semblent tout naturellement dériver, car, dans tous ces exemples, les deux éléments supérieurs de la tétrade se sont tout d'abord partagés par une paroi horizontale. Les figures 12, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 25 et 26 constituent une série assez régulière et peuvent aisément être interprétées en partant d'un type octocellulaire dans lequel la cellule *l* se cloisonne tout d'abord verticalement et la cellule *l'* horizontalement.

Comme on le voit, les formes qui apparaissent à partir du stade octocellulaire sont aussi diverses et aussi complexes que celles que l'on rencontre, à cette même période du développement, chez certaines Solanacées et chez le *Sherardia arvensis*. L'étude du plus grand nombre d'entre elles est certainement impuissante à nous faire connaître la véritable filiation des éléments et les origines précises des parties constitutives de la plante. Néanmoins, de l'examen d'un certain nombre de formes assez simples et des comparaisons auxquelles elles peuvent servir de base, il semble nettement ressortir que

---

(1) R. SOUÈGES, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 163, 236, 352, 555).

(2) R. SOUÈGES, *Développement de l'embryon chez le* Sherardia arvensis *L.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 72, 1925, p. 546).

la partie cotylée tire son origine de l'élément *l* de la tétrade, le partie hypocotylée de l'élément *l'* et le primordium de la coiffe de la cellule ou des cellules les plus voisines de l'hypocotyle, issues de *m*; les autres éléments proembryonnaires que fournit *m* entrent, avec tous ceux qu'engendre la cellule inférieure *ci*, dans la constitution d'un suspenseur, généralement massif, quelquefois filamenteux, de forme irrégulière et de dimensions fort variables.

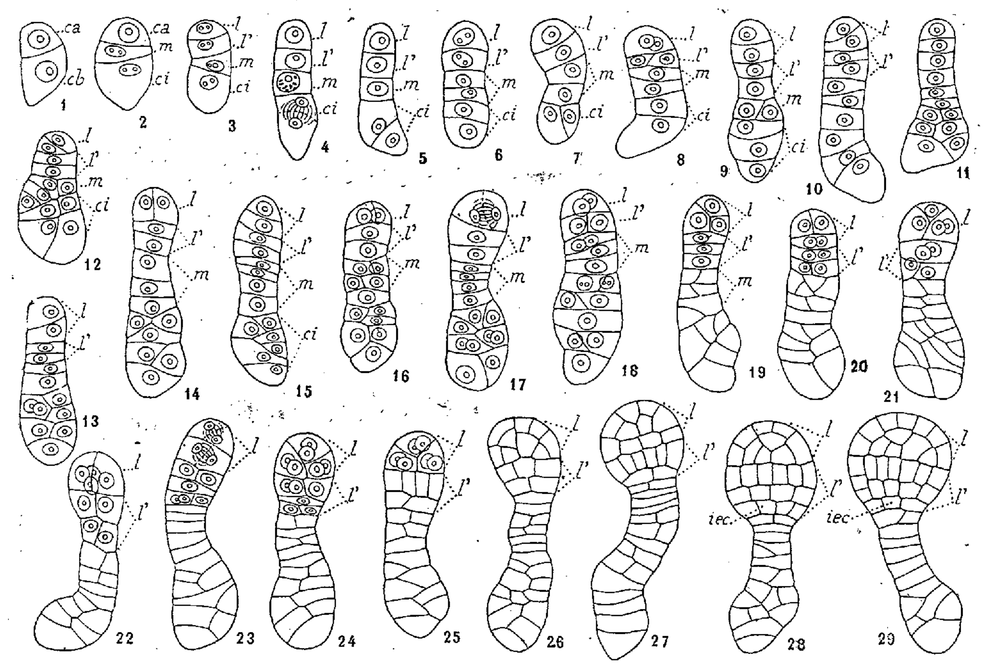


Fig. 1 à 29. — *Carum Carvi* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, *l'*, *m* et *ci*, les quatre éléments de la tétrade ou les groupes cellulaires qui en dérivent. G. : 310.

L'embryon du *Carum Carvi* est nettement dicotylédoné et ne fait nullement partie des pseudo-monocotylédones, auxquelles se rattache l'embryon du *Carum Bulbocastanum* Koch, déjà étudié par Hegelmaier [1]. On remarquera les grandes ressemblances qu'offrent, avec celles du *Carum Carvi*, les formes embryonnaires dessinées par cet auteur, aussi bien en ce qui concerne le *C. Bulbocastanum*, qu'en ce qui touche le *Petroselinum sativum*. Il n'est pas douteux que toutes ces formes sont susceptibles des mêmes interprétations et relèvent des mêmes lois du développement.

Ces lois sont celles qui ont déjà été formulées au sujet des Solanacées,

(1) F. Hegelmaier, *Vergl. Untersuch. über Entwicklung dikotyledoner Keime*, Stuttgart, 1878, p. 138.

du *Linum catharticum* (1) et surtout du *Sherardia arvensis*. Elles reposent sur les mêmes principes. Ainsi, au point de vue du développement de l'embryon, la grande famille des Ombellifères viendrait se placer dans le voisinage immédiat des Rubiacées. Certains auteurs (2), en se fondant sur les données morphologiques, ont déjà pu faire ressortir, entre les Rubiacées et les Ombellifères, des caractères communs assez nombreux et assez importants pour conclure au rapprochement de ces deux familles dans la classification.

CYTOLOGIE. — *Indices cytologiques de la présence de cholestérine dans l'œil normal.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans les cellules polyédriques de l'épithélium antérieur de la cornée du bœuf, j'ai fait apparaître une figure myélinique à l'endroit où les auteurs ont signalé un diplosome; c'est un important système spiralé de lamelles biréfringentes, emboîtées et épaisses, représentant, non un corps gras séparé, mais un complexe colloïdal lipo-protéique. Le tissu propre de la cornée qui, dans certaines lésions dégénératives (opacités nodulaires, cercle sénile), montre entre ses lames de la cholestérine extériorisée, ne m'a pas présenté jusqu'à présent de signes lipoïdiques; j'ai été amené à faire la supposition suivante : les faisceaux fibrillaires seraient des productions lipo-protéiques renfermant de la cholestérine constitutive; celle-ci, intimement unie aux albuminoïdes, formerait à l'état normal, dans les fibrilles, une phase continue et serait ainsi profondément masquée. Dans les cas pathologiques, cette union se briserait et la cholestérine libérée s'accumulerait aux endroits où une rupture a lieu entre elle et les autres constituants de la substance conjonctive. Ces dépôts pourraient être aussi le fait d'une sécrétion tardive et désordonnée des cellules fixes qui ne parviendraient pas à fabriquer de fibres, mais accumuleraient la cholestérine non employée à la fibrillogénèse, cette dernière étant interprétée comme plus haut. Quant à la membrane de Descemet, peut-être les excroissances verruqueuses, sphéroïdales, qu'elle porte à son pourtour sont-elles constituées par de la cholestérine liée à d'autres substances.

(1) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez le* Linum catharticum *L.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 71, 1924, p. 925).

(2) H. S. Jurica, *A morphological study of the Umbelliferæ* (*Bot. Gazet.*, 74, 1922, p. 292-307).

Enfin, le cytoplasme des cellules de l'endothélium postérieur, avec leur noyau latéral et leur grande centrosphère vacuolaire (vacuome de Parat et Painlevé, 1925), présente une phase réticulée, visqueuse, fort développée, que je considère comme assez riche en lipoïde; c'est elle qui donne, en s'altérant, les centrophormies et celles-ci peuvent être rapprochées de certaines figures myéliniques.

La cristalloïde, dont l'un des rôles paraît être de régler de près l'entrée des liquides dans le cristallin, semble dépourvue de lipoïde. Dans les cellules antérieures du cristallin, la majeure partie du cytoplasme vacuolaire forme une vaste centrosphère au milieu de laquelle j'ai vu une discrète figure myélinique centrosomienne ouverte ou fermée; Ballowitz y avait décrit un cristalloïde coudé en baïonnette ou diversement contourné, et ces éléments peuvent être interprétés comme ceux de l'endothélium de Descemet. D'une façon générale, les cellules où l'on a signalé un diplosome paraissent riches en lipoïdes.

Chez les Polychètes et les Céphalopodes, le cristallin n'est pas formé d'éléments cellulaires, il est complètement anhiste; c'est uniquement un produit de sécrétion dont l'hétérogénéité se traduit par la disposition feuilletée concentrique : je le considère comme un gigantesque corps myélinique. Chez les Mammifères, la fluorescence dont est capable le cristallin est à mon sens liée à la présence, bien connue depuis Laptschinsky, de lécithines et de cholestérine. Les fibres cristalliniennes d'un œil normal, fixées ou non, montrent dans certaines conditions, soit des files de petites gouttelettes brillantes, soit une série de gouttes huileuses qui, les unes et les autres, représentent une séparation de corps gras d'avec les albuminoïdes. Quand les fibres sont rompues, ces gouttes confluent en de grosses larmes qui ne tardent pas à fournir un grand nombre de belles figures myéliniques typiques à double contour. Les fibres qui ne montrent pas cette séparation, c'est-à-dire dont la matière grasse reste diffuse dans le cytoplasme, émettent de courts prolongements latéraux, d'aspect huileux, qu'on voit pousser et même se ramifier, rappelant des excroissances pseudopodiques, sorte de perlage qu'on peut homologuer aux varicosités et épines des dendrites des cellules nerveuses. La teinte ambrée que prend le cristallin est due à une modification granuleuse du contenu des fibres qui représente aussi une phase dispersée de corps gras. La facilité relative avec laquelle ce contenu s'écoule hors des fibres rompues tient à ce qu'il est en somme demi-huileux et en même temps riche en eau, grâce sans doute à l'hydrophilie lipoïdique.

Chez les Alciopides, le corps vitré est sécrété par une cellule glandulaire énorme dont le cytoplasme donne avec le sublimé une quantité de figures myéliniques; c'est une indication intéressante sur le corps vitré des Vertébrés qui renferme sans doute plus de lipoïde constitutif qu'on l'imagine. Les fines fibrilles conjonctives garnies de petits grains ou de boules brillantes décrites dans la trame du vitré peuvent fort bien être des formations cholestérino-protéiques, de même les points brillants de Haensell.

Tous ces délicats indices révèlent un élément lipoïdique constant dans les tissus transparents de l'œil normal et les données de la pathologie oculaire (arc sénile, cataracte) portent à croire que c'est la cholestérine, seule ou associée à d'autres corps gras. La cause de la transparence est sans doute très complexe, mais il est possible qu'elle résulte de liaisons non encore entrevues entre protéiques et cholestérine et qu'en définitive la présence de celle-ci soit nécessaire pour créer cette propriété; la transparence d'un tissu serait phase continue cholestérienne et son opacité phase dispersée. On pourrait vérifier ceci sur des animaux pélagiques, méduses, salpes, larves de poissons, etc.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence dans divers champignons d'une oxydase qui n'a pas encore été signalée*. Note de M. J. **Wolff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait, depuis les travaux devenus classiques de Gabriel Bertrand, que les extraits glycérinés de *Russula delica* et de beaucoup d'autres espèces de champignons renferment deux oxydases à caractère nettement différencié. L'une, la laccase, porte l'oxygène sur le gayacol et sur un grand nombre de composés polyphénoliques, l'autre, la tyrosinase, oxyde la tyrosine et les autres monophénols.

Dans une Note publiée ici (1) nous avons montré, M. Lucien Grandchamp et moi, que les extraits glycérinés de divers champignons ont la propriété de porter l'oxygène atmosphérique sur les sels ferreux contenus dans les vins, en les transformant en sels ferriques. Nous avions attribué ce phénomène à l'action directe ou indirecte de la laccase, mais en réalité (ce qui d'ailleurs accroît encore l'intérêt des observations contenues dans notre Note) il résulte de la présence dans les extraits d'une oxydase non encore signalée.

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 939.

Ayant essayé comparativement l'action de macérations glycérinées de *Russula delica* et d'autres champignons sur le gayacol et les sels de fer contenus dans les vins, je fus frappé de la manière très différente dont ces extraits se comportaient vis-à-vis de ces deux réactifs. La richesse en laccase des extraits glycérinés était très variable. La macération la plus riche en laccase et qui, par conséquent, réagissait le mieux sur le gayacol, était celle qui oxydait le moins bien les sels ferreux du vin et le malate ferreux, tandis que celle qui renfermait une laccase de 3 à 4 fois moins active vis-à-vis du gayacol, réagissait le mieux sur les mêmes sels ferreux. Ces expériences souvent répétées m'ont toujours donné les mêmes résultats. Il y avait lieu dès lors de soupçonner dans les extraits la présence d'une oxydase encore inconnue. Il s'agissait maintenant de prouver son existence en la séparant de la laccase. Tous mes extraits renfermant à la fois de la laccase et de la tyrosinase, le problème à résoudre me parut de prime abord assez compliqué. Je me suis souvenu alors des expériences de Gabriel Bertrand, qui avait soumis le mélange de tyrosinase et de laccase contenues dans les extraits de *Russula delica* à une série de températures croissantes, durant des temps déterminés. Il était parvenu ainsi à détruire la tyrosinase, en laissant subsister la laccase. J'ai donc soumis mes extraits glycérinés, étendus de 4 fois leur volume d'eau (1^{cm^3} d'extrait + 3^{cm^3} d'eau) à l'action de différentes températures pendant des temps variés.

J'ai réussi, en chauffant mon extrait le plus pauvre en laccase à la température de 80° C. pendant 5 à 6 minutes, à le rendre tout à fait inactif vis-à-vis de la tyrosine et du gayacol et à lui conserver sa propriété d'oxyder les sels ferreux contenus dans les vins. On remarque seulement en opérant de la sorte une diminution assez sensible de son activité, qui est réduite environ de moitié.

Je suis donc fondé à dire qu'il existe, dans un certain nombre de champignons, une oxydase non encore signalée qui accompagne la laccase et la tyrosinase et qui a la propriété de porter l'oxygène de l'air sur les sels ferreux à acides organiques contenus dans les vins ainsi que sur des solutions très étendues de malate ferreux. Si l'on raisonne par analogie, on est amené à penser que, comme la laccase et la tyrosinase, cette oxydase doit être très répandue dans le règne végétal. Je propose de la nommer ferrase. Mes extraits pauvres en laccase et riches en ferrase provenaient de champignons variés (*Russula fœtens*, *Russula emetica*, Lactaires) dont je me propose de faire une étude plus détaillée lors de la prochaine récolte.

MÉDECINE. — *Données nouvelles sur la pathogénie et la thérapeutique des vomissements incoercibles de la grossesse.* Note de MM. **G. Leven** et **Émile Coudert**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note antérieure sur le mécanisme respiratoire et le traitement des accidents graves de l'aérophagie ([1]), l'un de nous (Leven) signalait l'action d'une thérapeutique respiratoire spéciale sur des symptômes et des syndromes, liés à l'aérophagie.

Cette deuxième Note est destinée à montrer que les vomissements incoercibles de la grossesse sont le plus souvent provoqués par cette même cause, l'aérophagie, associée ou non à une dilatation gastrique avec ptose ou à une dyspepsie aggravée par la grossesse.

Ces vomissements incoercibles ne seraient donc que des symptômes dyspeptiques banaux, gravidiques, mais non spécifiques, engendrés et entretenus par les causes invoquées plus haut.

Les symptômes redoutés des accoucheurs [accélération du pouls, dyspnée (s'il n'y a pas de néphrite), excitation nerveuse] sont sous la dépendance de l'irritation du plexus solaire, l'acétonurie étant déterminée par l'état de jeûne.

Ces vomissements paraissent devenir incoercibles sous l'influence des procédés thérapeutiques usuels, car le lavement goutte à goutte, la suppression de l'alimentation buccale, la glace sur le ventre aggravent les spasmes gastro-intestinaux, facteurs d'aérophagie.

Considérés à la lumière de ces notions, la plupart des vomissements incoercibles semblent curables à toute époque de leur évolution et même à la veille d'un avortement décidé en présence des symptômes qui, d'après les classiques, légitiment cet acte thérapeutique.

Les recherches radiologiques de l'un de nous (Leven) fournissent une base expérimentale à ces données ([2]).

Les remarques qui précèdent nous empêchent d'accorder à l'autointoxication le rôle qui lui est généralement attribué. Cette théorie n'explique pas comment la thérapeutique que nous proposons met immédiatement fin à des vomissements qui durent parfois depuis des semaines, se reproduisant 20 à 25 fois par jour.

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1098.

([2]) G. Leven, *L'Aérophagie*, Paris, 1920; G. Doin, éditeur.

Elle n'explique pas comment l'avortement supprime ces vomissements, dès qu'il est pratiqué. Les manifestations d'une autointoxication aussi grave ne cesseraient pas instantanément.

Dans la genèse de ces vomissements, on a encore invoqué le Pithiatisme : chez une pithiatique, une émotion vive crée ou supprime des spasmes et aggrave ou améliore l'état dyspeptique qui est à l'origine de ces accidents.

La méthode spiroscopique de Pescher qui a donné de bons résultats nous paraît agir en améliorant l'acte respiratoire et par conséquent l'aérophagie et la dilatation gastrique. Les exercices respiratoires décrits dans notre première Note tendaient vers le même but.

La suggestion guérit aussi parfois ces vomissements : mais rassurer une malade qui craint le vomissement et en souffre, c'est améliorer un état émotionnel qui compromet l'acte respiratoire. C'est donc toujours un procédé indirect qui restaure la fonction respiratoire et agit sur le mécanisme diaphragmatique dont le rôle est considérable dans les questions de statique gastrique et dans le traitement de l'aérophagie.

Pour conclure, nous dirons que les vomissements incoercibles de la grossesse sont le plus souvent curables, même dans les cas les plus graves. La thérapeutique utile repose sur la diététique (réalimentation graduelle et progressive), sur l'emploi des médicaments calmant le plexus solaire (bromure de sodium et carbonate de bismuth), sur le traitement de la ptose gastrique (décubitus en attitude spéciale, siège relevé), sur le traitement de l'aérophagie dans ses plus petits détails.

Avant de devenir incoercibles, ces vomissements ont été légers, puis graves : nous espérons que cette Note démontrera comment ils prennent naissance et pourquoi ils durent.

En 1884, Manuel Leven écrivait que le vomissement incoercible devrait disparaître de la nosologie : nous souhaitons contribuer pour notre part à ce résultat. Les conséquences en seraient heureuses : la femme craindrait moins une grossesse assombrie par ce cruel symptôme; des avortements seraient évités et des enfants sauvés.

MÉDECINE. — *Syndrome pellagreux. Sa réalisation expérimentale.* Note de M. **Georges Mouriquand**, présentée par M. Widal.

La pellagre est une maladie dont la pathogénie reste obscure malgré de nombreux travaux poursuivis pour l'élucider.

Elle se développe presque toujours chez les mangeurs de maïs pauvrement nourris. On ignore encore si le maïs agit par infection, par intoxication ou par carence.

Divers auteurs (Lucksh, Weill et Mouriquand, Mouriquand et Michel, etc.) ont montré que des régimes carencés, comportant ou non la présence du maïs, entraînaient des troubles cutanés (chute des plumes chez le pigeon, des poils chez le cobaye, le lapin, le chat), mais il ne semble pas que ces recherches aient fait notablement avancer le problème de la pellagre.

Il nous est apparu que les régimes employés par ces auteurs entraînaient des syndromes de carence multiples dans lesquels le syndrome cutané était l'accessoire associé au béribéri, au scorbut, à l'inanition.

Nos présentes recherches ont tendu à localiser le trouble dystrophique sur la nutrition cutanée.

Nous avons institué dans ce but deux catégories d'expériences :

I. Dans la première les cobayes ont été soumis au régime maïdique (maïs complet ou bluté) avec ration comprenant par ailleurs la vitamine C., la vitamine liposoluble, les éléments azotés et minéraux indispensables, capables de maintenir l'équilibre nutritif normal. La moitié des animaux ainsi alimentés ont été soumis aux rayons ultraviolets (15 minutes par jour, lampe de 3000 bougies), les autres non. On sait en effet la part attribuée à ces rayons dans la genèse de la pellagre.

II. La deuxième catégorie d'animaux a été mise à un régime comportant du maïs (complet ou bluté) et la vitamine C (pour éviter le scorbut), type de régime déséquilibré non scorbutigène. Les uns ont été soumis aux rayons ultraviolets, les autres non.

Disons d'abord que ces rayons n'ont eu aucune action sur la détermination des troubles cutanés. Les animaux irradiés ou non ont présenté les mêmes manifestations.

Les animaux de la catégorie I (maïs plus régime équilibré) ont conservé une nutrition générale excellente sans aucun trouble cutané (poil lisse, de bel aspect, sans épilation), ni osseux (pas de scorbut).

Les animaux de la série II (maïs plus régime déséquilibré non scorbutigène) ont six fois sur sept présenté, à partir du dix-huitième au vingtième jour, une épilation marquée débutant généralement par l'abdomen, s'étendant au thorax, au cou, aux cuisses et, chez certains, aux deux tiers des téguments, avec selles liquides, chute de poils, sans scorbut.

Les animaux au maïs complet ont présenté la même épilation (parfois même plus intense) que ceux au maïs finement bluté. Ce fait ne cadre guère avec l'idée soutenue par Funk de l'existence d'une vitamine antipellagreuse dans la cuticule.

Sans prétendre à reproduire dans tous ses symptômes, fort complexes, la pellagre humaine, nos expériences ont reproduit les traits essentiels de la maladie et en particulier les troubles graves de la nutrition cutanée, signes prédominants, sans compter les troubles digestifs.

Tout s'est passé dans nos cas comme si, en dehors de toute avitaminose, le pouvoir pellagrigène du maïs s'exerçait seulement en présence d'un régime partiellement déséquilibré, l'équilibre alimentaire écartant cette action pathogène.

Ces faits expérimentaux reproduisent les faits cliniques qui montrent que l'alimentation à base de maïs complet ou non ne détermine généralement la pellagre que chez les sujets soumis à une subinanition de misère.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Réalisation expérimentale de la fièvre vitulaire.* Note de M. L. **Auger**, présentée par M. E. Leclainche.

La fièvre vitulaire est une maladie qui apparaît sur les vaches récemment accouchées; elle est caractérisée par une torpeur progressive aboutissant à un collapsus grave, avec hypothermie; en dépit de son nom, elle n'est donc pas accompagnée de fièvre. Elle apparaît brusquement. Le plus souvent, dans au moins 50 pour 100 des cas, si l'on n'intervient pas, la mort survient rapidement; mais, fait surprenant, plus rapide encore est la guérison quand on fait appel au traitement dont il sera question plus loin, car il s'agit, pour ainsi dire, d'une véritable résurrection. *C'est une maladie sans prodromes, ni convalescence.*

Elle se montre surtout chez la vache. On la signale cependant chez la brebis, la chèvre et la truie; toutefois, dans ces espèces, elle est exceptionnelle. C'est la maladie des bonnes laitières. Les traites faites à fond, multipliées dans les heures qui suivent l'accouchement, sont considérées par

certains auteurs (Hoyas, Bru), et non sans vraisemblance, ainsi que nous le verrons, comme une cause capable de faire apparaître la maladie.

Schmidt (1898) estimant que la fièvre vitulaire est due à la résorption de produits toxiques au niveau des acini sécrétoires, conseille l'injection intra-mammaire, poussée à bloc, d'une solution d'iodure de potassium. Si l'hypothèse n'a pas résisté à l'examen, du moins fut-elle féconde par ses conséquences thérapeutiques. Le hasard conduit Evers (1903) à substituer à l'injection aqueuse une simple injection d'air sous pression. Cette curieuse thérapeutique abaisse la mortalité à 1-2 pour 100.

Par son syndrome clinique, par sa thérapeutique aussi bizarrement caractérisée que remarquablement efficace, la fièvre vitulaire fait figure d'une affection univoque. Comment lier sa pathogénie à sa thérapeutique?

Les hypothèses successivement émises, qu'elles aient fait appel à une intoxication, à un processus infectieux, à l'intervention d'un choc anaphylactique, ne sont pas sans fragilité devant les conséquences surprenantes du tamponnement de la glande par l'air; elles n'expliquent rien.

Nous sommes dans la nécessité de nous orienter dans une autre direction. Les recherches sur l'insuline ont montré que les injections de cette substance, en provoquant l'hypoglycémie, aboutissent souvent à des troubles convulsifs et comateux. De là à relier le syndrome vitulaire à une hypoglycémie possible, il n'y avait qu'un pas et, fait particulièrement intéressant, on aperçoit derrière cette hypothèse, la possibilité de la réalisation expérimentale de la maladie.

Les conditions normales de la mise en train de la mamelle vont nous permettre, déjà, de jeter quelques lueurs sur la pathogénie de la fièvre vitulaire. Les expériences, aujourd'hui classiques, de Ch. Porcher ont montré que, en vue de l'élaboration du lactose, il est nécessaire que le foie réponde aux appels qui lui sont faits par la mamelle, chargée de transformer le glucose sanguin en sucre de lait. Si la mamelle demande beaucoup, c'est ce qui se passe chez les bonnes laitières, elle pompe le glucose en telles quantités qu'elle peut déterminer un abaissement notable du taux de ce sucre dans le sang. L'hypoglycémie est engendrée, et toutes ses conséquences s'ensuivent.

On comprend maintenant ce que Hoyas, puis Bru, ont avancé: en multipliant les traites après le part, en les poussant à fond, on suractive la sécrétion et l'on exagère ainsi l'appel du glucose du sang par la mamelle, ce qui tend à produire de l'hypoglycémie. Le tamponnement tout mécanique de la mamelle par de l'air provoque l'arrêt de la sécrétion; partant, plus de

glucose à transformer en lactose, le glucose reste dans le sang, son taux s'élève rapidement; à l'hypoglycémie succède la glycémie normale, voire l'hyperglycémie. Les troubles inquiétants, si inquiétants que le pourcentage de la mortalité chez les vaches dépasse 50 pour 100, disparaissent comme par enchantement.

L'hypothèse que nous formulons dans cette Note a reçu une première confirmation expérimentale d'une indubitable netteté.

Une vache de 12 ans environ, en bonne santé, pesant 350^{kg}, pleine de 5 mois, donnant 5 à 6^{l} de lait, a reçu dans une veine auriculaire 950 unités cliniques (190 unités physiologiques) d'insuline Byla. Une heure après l'injection, la vache refuse de se lever, elle est somnolente, ses yeux se ferment; ces phénomènes s'accentuent pour atteindre leur maximum entre la troisième et la quatrième heure; la tête incurvée sur le côté gauche s'appuie sur la litière; la respiration est lente, bruyante, il y a parésie pharyngée et ptyalisme; la température initiale qui était de $38°,4$ est de $37°,9$. Nous n'avons pas attendu que les symptômes s'exacerbent, ne voulant pas sacrifier l'animal, et craignant pour la vie du fœtus et, dans le but d'obtenir la plus rapide amélioration, nous avons substitué au tamponnement de la mamelle par l'air une injection sous-cutanée de 40^{g} de glucose en solution à 20 pour 100, ce qui amena la disparition des phénomènes inquiétants en 5 minutes.

Au bout de ce temps, la vache se relève et se met à manger; la santé reste parfaite les jours suivants. L'injection d'insuline a reproduit les phénomènes de collapsus caractéristiques de la fièvre vitulaire.

Les expériences de Widmark et Carlens [1], faites chez la vache et la chèvre laitière, ont montré que la technique d'Evers engendre de l'hyperglycémie avec sa conséquence habituelle, la glycosurie. Nos propres recherches corroborent celles de cet auteur et viennent préciser le jeu du foie lorsque celui-ci se trouve en présence d'une mamelle dont le fonctionnement va se déclancher instanément, jeu d'ailleurs sur lequel Ch. Porcher avait autrefois appelé l'attention. L'idée qui les a inspirées nous a permis d'aller plus loin et nous a conduit à la réalisation d'une maladie qui déroutait les esprits cliniques par la singularité de son évolution, et, plus encore, celle de son traitement.

La séance est levée à $15^{h}40^{m}$.

E. P.

---

(1) Widmark et Carlens, *Bioch. Zeitschrift*, 158, 1925, p. 3.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1926.

Éléments de philosophie médicale, par Noël Hallé. Paris, Marcel Rivière, 1926; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Charles Richet.)

L'acoustique des canons et des projectiles, par Ernest Esclangon. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Auguste Dollot, 1841-1924, Paris, Marcel Rivière, 1925; 1 fasc. 23cm,5. (Présenté par M. Douvillé.)

Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille, publiées aux frais de Ville, sous la direction de A. Vayssière. Tome XX (1925). Marseille, Imprimerie municipale, 1925; 1 vol. 31cm. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Notice sur le comte de Chardonnet, par Mme de Pardieu, née A. de Chardonnet. Paris, Durassié et Cie, 1925; 1 fasc. 24cm,5.

Atlas elemental de Núvols, par Eduard Fontseré. Barcelona, Gustau Gili, 1925; 1 vol. 28cm.

La protection sociale de la santé, l'action médico-sociale, par Grégoire Ichok. Paris, Marcel Rivière, 1925; 1 vol. 23cm.

Les brevets d'invention; comment prendre, exploiter et défendre un brevet d'invention suivant le dernier état de la législation et de la jurisprudence, par Robert Moureaux et Charles Weismann. Paris, Dalloz, 1926; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. J.-L. Breton.)

Actualités métallurgiques, par Pierre Dejean. Paris, Dunod, 1925; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1925.)

Note de M. *Pierre Allorge*, Variations du pH dans quelques tourbières à Sphaignes du Centre et de l'Ouest :

Page 1155, ligne 8 en remontant, *au lieu de* 5,8, *lire* 5,4.
Page 1156, ligne 13 en remontant, *au lieu de* 5,2, *lire* 5,5.

(Séance du 11 janvier 1926.)

Note de M. *B. Issatchenko*, Sur la nitrification dans les mers :

Page 185, ligne 5, *au lieu de* On n'a pas réussi à obtenir dans les, *lire* On a réussi à obtenir des.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Fossiles du Lias moyen recueillis par la mission Charcot au cap Stewart (terre de Jameson, Grœnland oriental).* Note de M. **Émile Haug**.

Le ministre de la Marine ayant donné l'ordre au commandant Charcot, au mois de mai 1915, de rechercher, sur la côte orientale du Grœnland, les traces de l'expédition Amundsen, dont on était alors sans nouvelles, j'avais attiré l'attention du commandant sur l'intérêt qu'il y aurait à visiter les affleurements jurassiques de la terre de Jameson, qui avaient fourni à plusieurs expéditions danoises d'abondantes récoltes de fossiles (1), en particulier d'Ammonites, et j'avais exprimé le désir d'étudier, le cas échéant, des matériaux de la même provenance.

Le 2 août 1925, le *Pourquoi-pas?* jeta l'ancre à l'entrée du Hurry Inlet, et, le même jour, le commandant Charcot et M. Bailly, naturaliste de la croisière, accompagnés d'une partie de l'état-major et de plusieurs hommes d'équipage, purent aborder en canot au cap Stewart (70°30′ lat. N.) et y passer plusieurs heures, qui furent consacrées à la recherche de fossiles dans les blocs éboulés jonchant le littoral et provenant d'un affleurement situé à la base d'un escarpement que couronne, d'après les géologues de l'expédition danoise de 1891-1892, une coulée de basalte.

---

(1) B. Lundgren, *Remarques sur quelques fossiles jurassiques du cap Stewart dans le Grönland oriental* (*Meddel. om Grönland*, **19**, 1896, p. 189-214, 268-272, pl. III-V, en danois, résumé en français). — V. Madsen, *On Jurassic Fossils from East-Greenland* (*Ibid.*, **29**, 1904, p. 157-210, pl. VI-X, 1 carte).

Surmontant des grès à plantes rhétiens, des grès [1] gris foncé, très calcaires, chargés de grains de quartz et de paillettes de mica, et renfermant fréquemment des débris végétaux, se montrèrent particulièrement riches en restes d'organismes marins. Ce sont ces fossiles dont le commandant Charcot a bien voulu me confier l'étude.

Certains bancs sont pétris de coquilles de Lamellibranches et ont fourni en outre quelques Ammonites et de rares Brachiopodes. Le test des Mollusques, le plus souvent remplacé par de la calcite cristallisée, est extrêmement fragile, de sorte que plusieurs espèces ne sont représentées dans mes matériaux que par des moules internes ou par des empreintes de la surface externe du test. Parfois c'est la surface interne des coquilles qui se présente à l'observateur. J'ai pu déterminer les formes suivantes :

Spiriferina Münsteri Dav., *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Oxytoma inæquivalve* Sow., *Lima pectinoides* Sow., *Chlamys prisca* Schloth., *Chl. textoria* Schloth., *Entolium liasinum* Nyst, *E. frontale* Dum., *Terquemia pectiniformis* E. Desl., *Placunopsis sp.*, *Gryphæa cymbium* Lam. *var. depressa* Chap. et Dew., *Gr. n. sp.*, *Pycnodonta* (?) *n. sp.*, *Perna sp. indet.*, *Modiola n. sp.*, *Myoconcha decorata* Münst., *M. n. sp.*, *Cardinia sp. indet.*, *Cardita sp.*, *Arcomya longa* Buv., *Pholadomya ambigua* Sow., *Cryptænia sp.*, *Patella papyracea* Goldf. (*non* Qu.), *Belemnites* (*Passaloteuthis*) *sp. indet.*, *B.* (*Prototeuthis*) *sp. indet.*, *Polymorphites Jamesoni* Sow., *Tropidoceras Stahli* Opp.

Ceux des Brachiopodes et des Lamellibranches dont la détermination est précise appartiennent à des espèces qui comptent parmi les plus communes dans le Lias moyen ou qui se rencontrent ailleurs exclusivement à ce niveau. Les deux Ammonites sont tout à fait caractéristiques de l'étage

(1) Mme E. Jérémine a bien voulu me communiquer la Note suivante, résumant les caractères microscopiques de ces grès : « Sous le microscope, le grès présente un caractère nettement clastique : débris peu roulés, ciment calcaire en grandes plages de calcite à orientation unique, englobant de nombreux débris, ce qui indique une recristallisation ultérieure du ciment. Dans les débris, le quartz est le minéral dominant; il y a beaucoup de microcline, de biotite, de muscovite et de grenat. Les cristaux de zircon et de rutile sont moins abondants. Ces éléments indiquent que le grès provient de la désagrégation des gneiss (composés de microcline, de biotite et de grenat), qui affleurent sur de grandes surfaces sur la terre de Liverpool, à l'est du Hurry Inlet.

» Le grès à plantes (rhétien) est surtout quartzeux, il contient peu de feldspaths, de micas et de grenats. Ces éléments sont très serrés, le ciment est peu abondant, il n'est plus calcaire, mais chloriteux. »

inférieur du groupe mésoliasique et ne laissent subsister aucun doute sur l'attribution de la faune du cap Stewart à cet étage. Tout au plus pourrait-on se demander si l'étage supérieur du groupe n'est pas représenté par la partie la plus élevée des grès.

Telle n'est cependant pas la conclusion à laquelle est arrivé le géologue suédois B. Lundgren, qui a étudié un lot de fossiles recueilli par l'expédition danoise de 1891-1892 et provenant certainement des mêmes grès. Lundgren a attribué ce terrain au Callovien et sa détermination a été adoptée ensuite par V. Madsen, par O. Nordenskjöld et par Ravn. Il a figuré du cap Stewart, sous le nom de *Pecten Stewartianus*, un Pectinidé de très grande taille, qui est manifestement identique à l'espèce que j'ai assimilée à *Entolium frontale* Dum. sp. et qui est en quelque sorte le fossile caractéristique des grès du cap Stewart. Je ne veux pas me prononcer, au seul examen des figures, sur les espèces nouvelles décrites par Lundgren, mais je suis convaincu qu'une étude attentive des originaux permettrait de faire tomber en synonymie d'espèces liasiques la plupart d'entre elles. L'attribution d'échantillons de la même provenance à *Limæa duplicata* Sow., à *Avicula Münsteri* Bronn et à *Leda lacryma* Sow., espèces du groupe Oolithique inférieur de l'Europe occidentale, me paraît très discutable, et Lundgren lui-même est obligé de reconnaître que *Plicatula cf. spinosa* Sow. « ferait pencher pour le Lias sans toutefois agir beaucoup sur la balance ». Quant au fragment d'Ammonite indéterminé qu'il figure, on est en droit de se demander s'il n'appartient pas à *Polymorphites Jamesoni*. Les documents publiés par Lundgren ne contredisent donc nullement mes conclusions, ils viennent même en partie les confirmer. Mais il va sans dire que l'attribution au Lias moyen des grès du cap Stewart n'entraîne en aucune façon le vieillissement d'autres gîtes fossilifères, situés plus au nord et que Madsen a considérés à juste titre, en raison des Ammonites qu'ils ont fourni, comme calloviens et portlandiens.

La présence du Lias moyen sur la côte orientale du Grœnland est d'une importance capitale, car le Lias marin (Rhétien exclus) n'avait pas encore été signalé, dans le bassin atlantique, au nord du cercle polaire. L'affleurement de Lias le plus rapproché de celui du cap Stewart se trouve dans l'extrême Nord de l'Écosse, sur la côte sud-est du Sutherland, environ sur le 38^e parallèle. L'extension vers le nord de la transgression des mers liasiques se trouve donc reportée, grâce aux documents recueillis par la dernière mission Charcot, à plus de 30° au nord de la limite extrême que l'on croyait pouvoir lui assigner.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'explosion de Boulogne-sur-Seine.* Note de M. **Georges Claude.**

L'industrie de l'oxygène est quelquefois troublée par des accidents du caractère le plus étrange. Sans cause apparente, après des mois ou des années de fonctionnement parfait, un appareil fait explosion, parfois fort violemment.

On est malheureusement mal fixé encore sur la cause de ces accidents : les conditions de certains d'entre eux restent encore mystérieuses.

En général, ils résultent de ce qu'avec les masses énormes d'air qui s'y liquéfient durant des semaines, les appareils à oxygène sont des accumulateurs d'impuretés incomparables. Quelque faible que soit une impureté gazeuse de l'air traité, si cette impureté n'est condensable que par un froid intense et si, cependant, elle est beaucoup moins volatile que l'oxygène, elle s'accumule dans *l'oxygène liquide* en voie d'évaporation indéfinie au bas de l'appareil, et si cette impureté est combustible, toutes les conditions pour constituer un violent explosif, par une singulière fatalité, se trouvent donc réunies. Or tel est bien le cas, en particulier, pour l'acétylène. Que l'appareil traite 1000^{m^3} d'air à l'heure dans une marche ininterrompue d'un mois, que cet air renferme seulement *un millionième* d'acétylène, ce qui n'est pas surprenant en ce temps de soudure autogène à outrance et, à supposer l'accumulation intégrale, ce qui n'est heureusement pas le cas, c'est 1^{kg} d'acétylène qui se trouvera accumulé et formera, avec l'oxygène liquide dans lequel il se trouve, 4^{kg} de l'explosif le plus puissant qu'on puisse imaginer.

Encore faut-il pourtant l'allumette qui met le feu à ce mélange. Eh bien, à cet égard aussi hélas, la nature a trop bien fait les choses, et l'allumette existe. Car, parmi ces impuretés gazeuses accumulables dans l'oxygène liquide peut figurer l'ozone, dont l'air contient très généralement comme on sait une certaine proportion. Et si alors, à la faveur d'une concentration privilégiée, d'une évaporation à sec en un point par exemple, la teneur de cet ozone au contact d'une particule d'acétylène solide monte au delà d'une certaine limite, il réagit violemment sur cet acétylène solide malgré la basse température, ainsi que j'en ai fait l'expérience, et donne ainsi la flamme qui fait sauter la mine.

On a également mis en cause des étincelles électriques qui seraient produites dans la vaporisation de l'oxygène à la façon des vieilles machines

statiques à vapeur d'Armstrong. Je le répète, toute la lumière est loin d'être faite.

Quoi qu'il en soit, il résulte de ces faits qu'une des précautions les plus essentielles de l'industrie de l'oxygène consiste à ne traiter que de l'air aussi pur que possible, puisé à grande hauteur dans l'atmosphère : mais on conçoit combien il est difficile d'éviter ces traces imperceptibles d'acétylène ou d'autres hydrocarbures qui suffisent et qu'il semble chimérique de vouloir arrêter chimiquement. En fait, on ne sait donc pas encore avec certitude empêcher ces accidents, mais, étant donné qu'ils se localisent dans le bain d'oxygène liquide du bas des appareils, tout ce qu'on sait faire de mieux, outre des purges fréquentes du liquide pour éviter une accumulation trop grande de ces produits, est d'enterrer le bas des appareils au-dessous du sol, en sorte que les explosions, en général peu violentes, se limitent alors à des dégâts matériels, sans conséquence pour le personnel.

Hélas, ce n'aura pas été le cas de l'horrible accident qui vient de coûter la vie à mon jeune et dévoué collaborateur de 26 ans, André Ribaud.

Depuis deux ans, en communauté d'idées avec MM. Moureu et Lepape, nous faisions à Boulogne des recherches en vue d'obtenir comme sous-produits de la fabrication de l'oxygène ces gaz étranges, le xénon et le krypton qui, outre qu'ils ouvrent à la science de si intéressants horizons, paraissent déjà devoir prendre dans la technique de la radiographie, par exemple, une place très importante.

Or ces gaz, qui n'existent dans l'air qu'à la dose de 1 millionième pour le krypton et de 1 dix-millionième pour le xénon, doivent être précisément cherchés, eux aussi, dans l'évaporation finale de l'oxygène liquide. C'est donc des résidus d'évaporation que nous traitions, suivant une technique cinquante fois renouvelée au laboratoire de M. Lepape comme dans le nôtre. En ce dimanche matin, Ribaud était venu sur ma demande. Par un hasard injuste et malgré ma promesse je n'avais pu être là, de sorte qu'au lieu de moi, c'est lui qui fut frappé. Et il se trouvait seul auprès du récipient où s'évaporait l'oxygène liquide quand l'explosion terrible se produisit. Comment? on l'ignore. Car, relevé les deux jambes arrachées, le pauvre Ribaud mourait trois heures après à l'hôpital où on l'avait porté....

Cet accident s'est produit dans des conditions que je n'ai pu comprendre, trois ou quatre jours avant la fin d'évaporation où un danger quelconque, semble-t-il, eût pu apparaître. Pourtant, contrairement à ce que j'imaginais d'abord, il me semble maintenant qu'il a pu être le fait

d'une teneur exceptionnellement élevée de l'air en ozone ces jours-là : quoi qu'il en soit, j'ai le devoir d'élucider les causes de cet affreux malheur pour en éviter, s'il se peut, le retour.

Cet accident, en tout cas, prouve une fois de plus quels risques redoutables comporte la recherche scientifique à mesure qu'elle nous entraîne vers des régions plus hautes, et combien doivent être honorés, plus qu'on ne les honore, ceux qui, le sachant, courent cependant chaque jour ces risques pour le Pays et pour la Science. Il prouve combien doivent être reconnaissants à tous leurs collaborateurs ceux qui, comme moi, et sans doute grâce à eux, ont eu la chance imméritée de parvenir indemnes jusqu'au bout de leur tâche.

Le Gouvernement, en un geste qui l'honore, a voulu s'associer à l'hommage rendu à mon jeune et regretté collaborateur. Il a cité Ribaud à l'ordre de la Nation; il a voulu que, sur ce cercueil qui emporte tant d'espoirs, fût épinglée la croix de la Légion d'honneur.

GÉOLOGIE. — *Fouilles préhistoriques dans le gisement des Hommes fossiles de la Denise, près le Puy-en-Velay.* Note (¹) de M. **Ch. Depéret.**

Il existe au Musée du Puy deux blocs argilo-gréseux contenant chacun une calotte crânienne, avec des os des membres enchevêtrés, d'Hommes fossiles, célèbres sous le nom d'*Hommes de la Denise*. Ces pièces ont été trouvées en 1844 par un nommé Adsclénard dans une vigne du versant sud-ouest de la montagne de la Denise, au lieudit *l'Ermitage*, à côté du grand volcan quaternaire dont la coulée constitue les magnifiques colonnades basaltiques ou *orgues d'Espaly*. L'un de ces blocs a été acquis par Aymard, l'autre est venu au Musée avec la collection Pichot-Dumazel.

Ces documents ont donné lieu à de longues controverses sur les relations chronologiques entre ces Hommes quaternaires et les éruptions du volcan voisin. Aymard et d'autres géologues ont pensé que ces Hommes avaient été ensevelis par les produits de projection du volcan, comme les Hommes de Pompéï par le Vésuve. M. Boule est plutôt enclin à penser que le gisement des fossiles est antérieur aux produits scoriacés qui le recouvrent, mais il n'émet cette opinion qu'avec de grandes réserves.

Le gisement de la Denise n'ayant plus été fouillé depuis plus de 80 ans, j'ai cru intéressant d'en entreprendre l'exploration, dans le but de recher-

(¹) Séance du 1er février 1926.

cher d'autres débris humains et, à défaut, d'étudier d'une manière plus précise les relations des couches fossilifères avec les éruptions du volcan quaternaire.

Les couches quaternaires qui ont fourni les fossiles reposent sur des brèches basaltiques altérées, d'âge pliocène, qui forment un petit escarpement au-dessus de la route de Saint-Paulien. Elles consistent en lits finement stratifiés de psammites siliceux et micacés, alternant avec des lits d'argiles dures, blanches ou jaunes, avec éléments cinéritiques. A la base et au sommet de la formation, on observe des lits plus compacts de grès siliceux avec nombreux fragments de scories basaltiques remaniées. Cet ensemble, d'une douzaine de mètres d'épaisseur, n'a nullement l'allure d'une brèche volcanique, mais bien d'un dépôt sédimentaire effectué dans quelque petite nappe d'eau douce par les apports de ruisseaux affluents. C'est seulement au-dessus de ces couches stratifiées qu'apparaissent les brèches basaltiques et les scories très fraîches produites par les explosions du volcan de la Denise.

Ainsi, les couches stratifiées à fossiles humains se présentent comme une période calme de sédimentation aqueuse séparant deux époques d'explosions volcaniques.

Il fallait d'abord reconnaître le niveau exact où avaient été trouvés les fossiles du Musée. Cela m'a été facile, grâce à l'obligeance de M. le conservateur Chossegros, car les ossements humains du Musée sont encore engagés dans les blocs originels en couches régulières bien visibles.

J'ai donc fait pratiquer d'abord une tranchée suivant la pente du terrain, recoupant toutes les couches de la formation. J'ai pu reconnaître ainsi, vers le milieu de l'épaisseur, les lits de psammites micacés et d'argile blanche et jaune, identiques aux blocs du Musée. Ce niveau reconnu, j'ai ensuite fait creuser, avec le dévoué concours de MM. Philis et Andrieu, une tranchée horizontale suivant l'affleurement de ces couches sur 40^{m} de longueur, d'abord dans la propriété Kassab, ensuite dans la propriété Viallet jusqu'au contact de la cheminée du volcan. Malgré l'importance de ce travail, je n'ai pas rencontré de nouvelles pièces fossiles et j'estime maintenant qu'il serait illusoire d'en rechercher d'autres.

Mais j'ai pu préciser d'une manière, je l'espère, définitive, les rapports de ces couches fossilifères avec les produits éruptifs du volcan voisin. En effet, si l'on suit les couches vers l'Ouest, on les voit venir buter contre la

paroi verticale d'un dyke basaltique faisant partie de la cheminée, et *se rebrousser* à son contact. Il n'est pas douteux que l'éruption du basalte a été postérieure à la formation du dépôt sédimentaire, lequel a été comme coupé au couteau et relevé par l'ascension du basalte dans la cheminée. Cette conclusion est encore confirmée par l'observation que j'ai pu faire de l'existence de lambeaux des mêmes couches plus à l'Ouest, du côté opposé de la cheminée volcanique.

On peut maintenant se représenter aisément la série des événements géologiques qui se sont produits dans la région de l'Ermitage de la Denise. A la fin du pliocène un grand volcan s'y était établi qui a projeté des masses de tufs et de brèches basaltiques formant un cône bien visible à l'ouest de la montagne, près du Collet. Ces produits volcaniques ont été ensuite démantelés par érosion et dans une dépression de l'ancien cratère, s'est installé, vers le milieu du quaternaire, un petit cratère-lac dont le fond a été remblayé par des ruisseaux affluents qui y ont entraîné des matériaux très fins, empruntés soit aux brèches volcaniques, soit aux sables à Mastodontes pliocènes qui affleurent dans le voisinage.

Mes fouilles m'ont même permis de déterminer la direction de ces courants d'eau, qui devaient venir de l'Ouest. En effet, le faciès argileux fin des couches quaternaires cesse en approchant de la cheminée volcanique et est remplacé par du grès et des sables roux grossiers, d'aspect plutôt fluviatile, qui se continuent mieux développés de l'autre côté de la cheminée. C'est sans doute à la limite de ces deux faciès, au point où le ruisseau affluent débouchait dans le lac, qu'ont dû être recueillis les débris d'Hommes fossiles. C'est en effet le seul point de mes tranchées où nous avons constaté des traces de fouilles antérieures, sous forme d'un drainage profond de blocs basaltiques, qu'il a été possible de suivre en descendant sur 12^{m} de longueur. C'est sans doute en exécutant ce travail de drainage que l'ancien propriétaire a fait, par hasard, la découverte des blocs fossiles du Musée.

Ainsi les rives du cratère-lac ont dû être fréquentées par des Hommes fossiles peu nombreux, peut-être réduits à un seul couple. Les débris de ces deux squelettes ont été entraînés par un ruisseau jusqu'au débouché de ce cours d'eau dans le lac.

Puis, plus tard, un nouveau volcan quaternaire a surgi sur le même point, volcan dont la cheminée a recoupé brusquement, en les rebroussant, les couches à fossiles humains. Il ne saurait donc plus être question de victimes du volcan de la Denise, mais plus simplement de débris humains charriés pèle-mêle par un petit cours d'eau.

Il me reste à dire quelques mots des caractères ethniques et de l'âge des Hommes de la Denise. Le D[r] Sauvage a déjà indiqué que la calotte crânienne du bloc Aymard montrait les arcades sourcilières proéminentes, le front fuyant et presque absent, ainsi que la dolichocéphalie de la race primitive du Néanderthal. J'ai pu noter moi-même d'autres caractères archaïques, tels que le fémur à ligne âpre très épaisse et la forme incurvée des os de l'avant-bras. Ces pièces demanderaient toutefois une étude anthropologique plus précise.

Au point de vue géologique, ces Hommes sont antérieurs à l'édification du volcan quaternaire de la Denise et l'on sait que la coulée de ce volcan descend jusqu'à la rivière de la Borne, où elle est recouverte, aux Rivaux, par des couches formées en partie d'éboulis, en partie aussi d'alluvions anciennes de la Borne, s'élevant à une vingtaine de mètres au-dessus du lit actuel de la rivière. Aymard a depuis longtemps signalé la présence dans cette terrasse d'une faune froide de l'âge du Renne : Mammouth, *Rhinoceros tichorhinus*, Ours et Hyène des cavernes, Cheval, Bœuf, etc. Je serais assez porté, d'après l'abondance extraordinaire des ossements de Cheval, à penser qu'il s'agit là d'un amas de débris de cuisine humains, qui m'a rappelé invinciblement le *magma de Cheval* de Solutré, et qui pourrait être en conséquence d'âge Aurignacien. Dans ce cas le dépôt des Rivaux représenterait la basse terrasse de 20^m de la Borne.

Comme conclusion, l'Homme de la Denise appartient, me semble-t-il, à une époque préhistorique très ancienne, sans doute le Chelléen ou même le Préchelléen. S'il en est ainsi, les Hommes de la Denise seraient les plus anciens débris humains jusqu'ici découverts en France. Malheureusement aucune découverte d'outils humains ni dans la terrasse des Rivaux, ni dans le dépôt sédimentaire de l'Ermitage ne permet de trancher définitivement cette importante question préhistorique.

BOTANIQUE. — *Sur un nouveau type d'alternance de générations chez les Algues brunes; les Sporochnales.* Note de M. C. SAUVAGEAU.

La petite famille des Sporochnacées, presque exclusivement australasienne, est caractérisée par un mode d'accroissement tout particulier, par la disposition des sporanges uniloculaires et l'absence d'organes pluriloculaires. Quelques rares espèces vivent en Europe. Grâce à un dragage heureux, effectué le 9 septembre dernier par MM. Arné et Fage, de l'Office scientifique des pêches, j'ai pu établir des cultures du *Carpomitra*

Cabreræ Kütz, espèce dont j'ai indiqué, en 1899, la présence dans le golfe de Gascogne, sur les rochers du large.

Oltmanns [1] interprète les plantules de *Nereia* et de *Sporochnus*, connues par les dessins manuscrits de Kuckuck et de Berthold, comme provenant de la germination des zoospores. J'estime, au contraire, d'après mes observations sur le *Carpomitra*, qu'elles proviennent d'un gamétophyte encore inconnu, et que les Sporochnacées présentent une alternance de générations comparable à celle que j'ai fait connaître chez les Laminaires et chez le *Dictyosiphon*, mais d'un type différent.

Les cultures, établies dans la matinée du 10 septembre, ont fourni dès le lendemain de petites zoospores très agiles, plus longues que larges, munies d'un chromatophore et d'un point rouge très nets; elles se fixent en embryospore arrondie, large de 4^{μ}, au plus de 5^{μ}; qui germe bientôt en tube grêle. Celui-ci se renfle à son sommet où il devient aussi large que l'embryospore, puis le chromatophore et le noyau se partagent entre les deux extrémités, et une cloison apparaît dans le tube qui les réunit. Cette germination en haltère rappelle d'autant plus celle que j'ai figurée chez le *Laminaria flexicaulis* [2] que l'embryospore et son contenu se détruisent généralement durant les jours suivants, tandis que l'extrémité distale renflée s'élargit, s'allonge, fournira un prothalle; parfois, néanmoins, l'embryospore persiste, reste vivante sans s'accroître, et se distingue encore, un mois plus tard, sur le prothalle déjà grand. A la fin de septembre, les jeunes prothalles étaient constitués par un filament rampant, monosiphonié, long de plusieurs cellules et large de 6 à 7^{μ}.

Bientôt, le développement s'accélère; de ce filament rampant, qui se ramifie en s'allongeant, s'élèvent de nombreux filaments monosiphoniés dirigés vers la lumière, plus ou moins ramifiés, composés de cellules inégales, irrégulièrement cylindriques, larges de 6 à 9^{μ}. Jusque vers la fin de décembre, tous ces prothalles concordent bien entre eux, sans hétéroblastie ni indice de sexualité; ce sont des touffes denses, buissonnantes, hautes de 1^{mm}; certaines cellules, terminales ou intercalaires, se renflent jusqu'à atteindre 20^{μ} de largeur, mais toutes sont uninucléées, et possèdent un unique chromatophore très irrégulièrement déchiqueté, occupant tout leur pourtour, et rappelant quelque peu celui des *Œdogonium*.

---

(1) *Morphologie und Biologie der Algen*, 2e édition, 2, 1922, p. 46.

(2) *Recherches sur les Laminaires des côtes de France*, fig. 48, p. 142 (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, 56, Paris, 1918).

A la fin de décembre, quelques plantules ont apparu, dressées sur certains prothalles; à la fin de janvier, bien que la plupart des cultures fussent encore stériles, j'en avais une centaine, chaque prothalle pouvant en produire plusieurs; ces futurs sporophytes correspondent aux jeunes *Nereia* dessinés par Kuckuck; ils naissent d'une cellule terminale, renflée, dont le chromatophore déchiqueté se fragmente, tandis que le contenu devient granuleux; puis cet élément s'élargit, se cloisonne transversalement; chacune des cellules filles se cloisonne aussi, et une large colonne cylindrique, de développement très rapide, se dresse au sommet de la branche du prothalle qui l'a engendrée et autour de laquelle elle envoie d'épais rhizoïdes contournés. Cette colonne, large au début de 25 à 35^{μ}, puis de 40 à 60^{μ}, n'est que la base du sporophyte; elle produit bientôt des branches sur le développement desquelles je n'ai pas à insister ici. Dès son origine, le porophyte est pourvu de chromatophores discoïdes, identiques à ceux du *Carpomitra* adulte, où ils sont si abondants et si nets, en particulier dans le bouquet de fils qui termine les branches du thalle. Le sporophyte continue donc directement le prothalle, et l'opposition est frappante entre les deux générations superposées. Jamais je n'ai vu d'oosphère expulsée, ni de cellule sous-jacente vidée, comme cela se voit chez les Laminaires, et le phénomène paraîtrait comparable à celui d'une Mousse naissant sur son protonéma, si les mêmes prothalles ne présentaient des anthéridies.

Les prothalles sont monoïques et souvent protandres. Les nombreuses anthéridies sont de minuscules cellules coniques, plus ou moins contournées, incolores, uninucléées, isolées sur de courts ramules ou groupées en bouquets, longues de 6 à 10^{μ} sur 3 à 4^{μ} de largeur. Les anthéridies vidées n'étaient pas rares à la fin de janvier, mais je n'ai pas vu d'anthérozoïdes à l'état de motilité; le temps m'a d'ailleurs manqué pour surveiller les déhiscences.

La présence d'anthéridies conduit à interpréter la cellule mère du sporophyte comme un oogone germant sans fécondation; cette cellule ne laissant pas échapper son contenu, ne s'ouvrant même pas, on voit mal comment un anthérozoïde pourrait y pénétrer. Quoi qu'il en soit, la démonstration d'une alternance de générations chez le *Carp. Cabreræ* s'applique assurément aux autres représentants de la famille. La plupart des Phéosporées ayant disparu dans la suite des temps géologiques, les survivants nous offrent des types très variés, réduits parfois à quelques genres et espèces. Or, si les Sporochnacées occupent moins de place que les Laminaires ou les *Fucus* dans le peuplement actuel des océans, elles sont aussi nettement

caractérisées, forment un ensemble aussi homogène, et méritent autant de constituer un groupe de valeur taxinomique plus élevé que la famille. Un groupe des Sporochnales, pour employer la même terminologie que Kylin et Oltmanns, paraîtra donc tout aussi justifié que celui des Laminariales. Il y a plus de différences entre une Sporochnale, une Laminariale et une Fucale qu'entre une Cryptogame vasculaire et une Phanérogame.

M. **P.-A. Dangeard** dépose sur le bureau de l'Académie un travail qu'il vient de faire paraître dans la XVI[e] série du *Botaniste* et qui a pour titre; *Les tubercules radicaux des Légumineuses;* ce Mémoire est accompagné de 28 planches. L'auteur accompagne le dépôt de son Mémoire des remarques suivantes :

On sait l'importance que présente dans la pratique agricole la propriété que possèdent les Légumineuses de fixer l'azote de l'air par l'intermédiaire des tubercules qui se forment sur leurs racines : aussi dit-on que les Légumineuses sont des plantes améliorantes.

Mais si le résultat d'une culture de Sainfoin, de Trèfle ou de Luzerne est un enrichissement du sol en azote, on est loin de connaître toutes les données du problème, malgré les innombrables travaux publiés sur ce sujet depuis une soixantaine d'années.

Il ne faut pas trop s'en étonner, car il est peu de questions aussi complexes que celle de la symbiose chez les Légumineuses : elle exige pour être résolue ou du moins abordée fructueusement, non seulement l'aide des praticiens, mais aussi des concours variés : elle touche, en effet, sur de nombreux points à la physiologie, à la bactériologie et à l'histologie.

Aussi, ce Mémoire, malgré son étendue, est-il forcément incomplet; je me suis efforcé surtout de déblayer le terrain de notions fausses et devenues malheureusement classiques : j'ai essayé d'éclaircir le problème de l'entrée du parasite dans les tissus et du mode de contamination des cellules; j'ai tenté de saisir quelques-unes des réactions de la cellule et de son parasite avant d'envisager la résultante de ces interactions pour la plante et pour le sol qui la porte. Cette contribution pourra peut-être servir de point de départ à de nouvelles recherches dans lesquelles la pratique agricole et la science seront également intéressées.

M. DE SPARRE fait hommage à l'Académie d'un Mémoire sur la *Résistance des conduites en béton ou en béton armé.*

Pour les conduites en béton armé de faible épaisseur on peut, comme pour celles en métal, considérer toute l'épaisseur comme subissant, sous l'influence de la pression interne, un même allongement, et calculer, par suite, leur résistance en admettant la règle, que le métal et le béton prennent dans le travail des parts proportionnelles à leurs sections et à leurs coefficients d'élasticité. Cette hypothèse peut au lieu de cela conduire à des erreurs graves dès que l'épaisseur devient un peu importante. Dans ce cas en effet l'allongement diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre de la conduite et par suite la part du travail que prendra l'armature variera suivant sa position. Une autre cause intervient également pour modifier les parts de travail supportées par l'armature et le béton. Le béton subit, comme on sait, un retrait si sa prise se fait à sec et un allongement si elle se fait dans l'eau, retrait et allongement variables, d'ailleurs suivant la nature du ciment qui entre dans sa composition; ce fait produit sur l'armature un phénomène de frettage qui modifie considérablement son travail ainsi que celui du béton. Enfin le béton n'est pas un corps isotrope et il est nécessaire de se rendre compte de l'influence que peut avoir son défaut d'isotropie. Ce sont ces différentes questions que j'étudie dans le Mémoire dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie. J'étudie aussi en terminant la vitesse de propagation du coup de bélier dans les conduites épaisses en béton armé, comme je l'avais fait pour les conduites minces dans ma Communication du 2 juin 1925, en montrant comment on peut s'en servir pour déterminer le rapport des coefficients d'élasticité de l'acier et du béton.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Louis Mangin**, **Émile Haug**, **Ernest Fournier**, **Louis Joubin**, **Marcel Brillouin**, **Gabriel Bertrand**, **Émile Fichot** sont désignés pour constituer, conjointement avec le Bureau de l'Académie, la Commission chargée de choisir un candidat au prix *Albert Ier de Monaco*, à décerner en 1926.

PLIS CACHETÉS.

M. J. **Cayrel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 janvier 1926 et inscrit sous le n° 9627.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur une Note de M. Pélabon.*

Une Note complémentaire est intitulée : *Sur la détection.*

(Renvoi à l'examen de M. G. Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

M. C. **Matignon**, élu Membre de la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

La **Société Physico-Mathématique de l'Université de Kazan** fait savoir que le 25 février 1926 sera célébrée la date de la découverte de la *Géométrie Non-Euclidienne*, par N.-I. Lobačewski.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule LXIX des Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, souverain de Monaco : *Copépodes particulièrement bathypélagiques provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco*, par G.-O. Sars. (Présenté par M. Ch. Gravier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les fonctions entières et méromorphes d'une variable.* Note de M. **André Bloch**, présentée par M. Hadamard.

Le paragraphe 1 de la présente Note a pour objet de compléter sur quelques points une Note parue dernièrement sous le même titre (¹); les paragraphes 2 et 3 se rapportent à d'autres questions.

1. L'ordre de multiplicité des zéros de l'équation obtenue en égalant une fonction uniforme à diverses constantes a fait antérieurement à 1922 l'objet des travaux de MM. Carathéodory, Landau, Montel, Fatou, Deïrmendjian.

Les principaux progrès sur ce sujet ont été réalisés par M. G. Valiron (²); le traitant pour la première fois d'une manière élémentaire, il remplaça d'une part la considération des zéros d'ordre multiple d'un entier donné par celle des zéros d'ordre au moins égal à cet entier, et obtint d'autre part des relations entre le nombre des zéros, eu égard à leur ordre, et la croissance de la fonction entière considérée; ses démonstrations étaient valables pour l'ordre infini de cette dernière aussi bien que pour l'ordre fini. La méthode fut étendue aux fonctions méromorphes par M. R. Nevanlinna (³) qui par l'emploi des expressions nouvelles qu'il a introduites en analyse, donna à ses résultats une formulation particulièrement simple et précise.

Pour établir le dernier théorème de la Note précédente, l'emploi des intégrales de première espèce de la courbe attachée au type considéré [la quartique de Klein pour le type (2, 3, 7)] n'est commode que sous l'hypothèse restrictive que les ordres de multiplicité soient égaux aux entiers du type, ou multiples de ces entiers. Mais une méthode un peu différente, et complètement générale, fournit également des inégalités analogues à l'inégalité (1) de la Note; une analyse appropriée donne en effet pour la fonction $f(x)$ du théorème en question, gm étant le symbole de l'indicatrice de MM. Nevanlinna, le lemme suivant, d'où le théorème résulte sur le champ.

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1123. Errata de cette Note : page 1124, ligne 16, lire : $\log M(t, \varphi_1) + \ldots$; page 1125, ligne 20, ajouter : 4° *pour* a_1, *elle n'a que des racines au moins doubles; pour* a_2 *et* a_3, *que des racines au moins quadruples.*

(²) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1059; *Ann. de l'Éc. Norm.*, 39, 1922, p. 334; *Lectures on the general theory of integral functions*, Toulouse, 1923, p. 74-78. Deux des propositions de la dernière Note rentrent dans les résultats de ce géomètre.

(³) *Acta mathematica*, 46, 1925, p. 63 et 67-68.

Si, m, n, p étant les entiers du type considéré, μ, ν, π *sont des nombres positifs de somme égale à* 2, *respectivement inférieurs à* $1-\frac{1}{m}$, $1-\frac{1}{n}$, $1-\frac{1}{p}$, *on a*

$$\left|\frac{f'(x)}{[f(x)-a_1)]^{\mu}[f(x)-a_2)]^{\nu}[f(x)-a_3)]^{\pi}}\right| < \frac{(\mathrm{R}-2)^4}{10\mathrm{R}^3}[gm(\mathrm{R}, f)+\mathrm{C}_0].$$

La méthode de MM. G. Valiron et R. Nevanlinna s'applique plus simplement encore à l'objet actuel; le théorème en question est un simple corollaire du théorème de la page 61 du Mémoire de M. Nevanlinna. Le cas d'un type automorphe quelconqne se traite de même; grâce au complément apporté à la méthode par M. Collingwood.

Ce qui précède suppose une proposition aisée à établir : *Si* $f(x)g(x)=1$, *et que la plus petite des dérivées* f', g' *des deux fonctions méromorphes* f *et* g *soit bornée en module dans un domaine, chacune des fonctions* f *et* g *y engendre une famille normale.*

Il est possible que les formules absolument précises soient les mêmes ici que celles obtenues avant 1922 pour le cas de l'ordre égal aux entiers du type, et liées aux fonctions fuchsiennes; cela s'établirait peut-être par la considération de surfaces de Riemann appropriées, ou bien de l'équation $\Delta u = e^u$ (1).

2. Des théorèmes de Poincaré et de M. Hadamard sur les fonctions entières résulte la proposition suivante : *Si*

$$a_0 b_0 = 1; \quad a_0 b_1 + a_1 b_0 = 0; \quad \ldots, \quad a_0 b_n + a_1 b_{n-1} + \ldots + a_n b_0 = 0; \quad \ldots$$

et si $\sqrt[n]{|a_n|} \to 0$, *l'on a, pour une infinité de valeurs de n,*

$$|b_n| \geq |b_0| \left|\frac{b_1}{b_0}\right|^n \frac{1}{n!}.$$

Plus généralement : *La fonction entière sans zéros*

$$b_0 + b_1 x + \ldots + b_r x^r + \ldots$$

a une infinité de coefficients supérieurs ou égaux à ceux de l'exponentielle

$$e^{\mathrm{P}_r(x)} = b_0 + b_1 x + \ldots + b_r x^r + \ldots,$$

où $\mathrm{P}_r(x)$ *est un polynome de degré r.* Ce qui entraîne une proposition analogue.

---

(1) Cf. F. Nevanlinna, *Ueber die Werteverteilung* (6e Congrès des Mathématiciens scandinaves, Copenhague 1925).

3. Un théorème de M. Kœbe sur les fonctions univalentes conduit à la proposition suivante : *Soit* $x = \varphi(X) = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + \ldots$ *une fonction inverse de fonction entière* ($b_2 \neq 0$) : *il existe un* R *ne dépendant que de* b_1 *et* b_2 *tel que pour* $|X| < R$ *la fonction ait au moins un point critique, algébrique ou transcendant.*

Ceci peut s'énoncer aussi : *Soit* $X = f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$ *un polynome* ($a_2 \neq 0$)*; il existe un* R *ne dépendant que de* a_0, a_1, a_2, *tel que l'on ait simultanément pour une certaine valeur de* x : $f'(x) = 0$; $|f(x)| < R$.

Il y aurait intérêt à démontrer algébriquement cette dernière proposition, et à la compléter de manière qu'elle entraîne à son tour le théorème sur les fonctions univalentes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les lacunes que peut présenter une série de Taylor qui représente une fonction analytique régulière à l'infini et qui n'admet qu'un point singulier qui est un point singulier essentiel.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Hadamard.

Soit $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ une fonction analytique régulière à l'infini et qui n'admet qu'un point singulier $z = 1$, lequel est un point singulier essentiel. Nous désignerons par p_i le nombre des termes qui forment le $i^{\text{ième}}$ groupe figurant dans la série ci-dessus, par l_i le nombre des termes d'une lacune qui suit ce groupe et par $a_{n_i} z^{n_i}$, le premier terme du groupe. On a ainsi

$$n_{i+1} = n_i + p_i + l_i.$$

Considérons maintenant la fonction

$$\left[f(z) - \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu z^\nu \right] : z^{n+1}$$

qui est nulle à l'infini et peut être mise sous la forme $\sum_{1}^{\infty} \frac{A_\mu}{(z-1)^\mu}$.

Désignons par C_0, C_1 de petits cercles décrits autour des points $z = 0$ et $z = 1$, et par C un cercle décrit autour de l'origine avec un rayon très grand, qu'on fait tendre vers l'infini. On aura, en intégrant sur le contour C_1 de rayon ε,

$$A_\mu = \frac{1}{2\pi i} \int_{C_1} \frac{f(z)(z-1)^{\mu-1}}{z^{n+1}},$$

d'où

(1) $$|A_\mu| < M_\varepsilon \frac{\varepsilon^\mu}{(1-\varepsilon)^{n+1}}$$

où $M_\varepsilon = \text{Max}\,|f(z)|$ sur C_1.

D'autre part, $f(z)$ étant régulière à l'infini [nous supposons pour plus de simplicité $\lim\limits_{z \to \infty} |f(z)| = 0$], on obtient, en faisant tendre le rayon de C vers l'infini,

$$\int_C \frac{f(z)(z-1)^{\mu-1}}{z^{n+1}} dz = 0,$$

tant que $\mu \leqq n+1$, et par conséquent

$$A_\mu = \frac{1}{2\pi i}\int_{C_0} \frac{f(z)(z-1)^{\mu-1}}{z^{n+1}} dz$$

d'où

$$A_\mu = a_{n-\mu+1} - \binom{\mu-1}{1} a_{n-\mu+2} - \ldots \binom{\mu-1}{\mu-1} a_n.$$

En prenant $n = n_{i+1} - 1$, on obtient, eu égard aux lacunes,

$$A_1 = A_2 = \ldots = A_{l_i} = 0$$

et, par conséquent,

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_{n_i+p_i-1} z a^{n_i+p_i-1} + R$$

où

$$R = z^{n_i+1}\left[\frac{A_{l_i+1}}{(z-1)^{l_i+1}} + \frac{A_{l_i+2}}{(z-1)^{l_i+2}} + \textit{in infinitum}\right].$$

De là, en tenant compte de l'inégalité (1), on déduit

(A) $$|R| < M_\varepsilon \left(\frac{|z|}{1-\varepsilon}\right)^{n_i+1}\left[\frac{\varepsilon}{|z-1|}\right]^{l_i+1} \frac{1}{1-\dfrac{\varepsilon}{|z-1|}}.$$

Cette formule nous permet d'obtenir quelques résultats sur la grandeur des lacunes que peuvent présenter les fonctions considérées. Supposons par exemple qu'on ait [1]

$$\frac{n_{i+1}}{n_i + p_i - 1} = 1 + \theta_i \qquad \text{où} \qquad \theta_i \geqq \theta > 0.$$

---

[1] Les résultats connus de M. Hadamard sur les lacunes de cette nature supposent que ces lacunes sont régulières, c'est-à-dire que l'on a *toujours* (pour i assez grand) $p_i = 1$, $l_i > kn_i$, ou, tout au moins, qu'on a, une infinité de fois, deux d'entre elles consécutives (soit, pour une infinité de valeurs de i, $p_i = 1$ avec $l_i > kn_i$, $l_{i-1} > kn_i$); le cercle de convergence est alors une coupure.

Dans ce cas on aura

$$l_{i+1} = n_{i+1}\left[1 - \frac{1}{1+\theta_i}\right] = n_{i+1}k_i, \qquad \text{où} \qquad 1 > k_i > k > 0.$$

Et, puisque ici $\lim_{i \to \infty} |R| = 0$, les polynomes $\sum_{1}^{n_i+p_i-1} a_n z^n$ devraient converger uniformément vers $f(z)$ dans tout le domaine doublement connexe compris entre les contours C et C_1, et par conséquent, d'après un théorème connu, dans tout l'intérieur de C, ce qui n'est pas possible, puisque nous admettons l'existence du point singulier $z = 1$. Par conséquent les séries de Taylor qui représentent les fonctions considérées ne peuvent pas présenter de lacunes de cette nature.

On peut tirer des conclusions analogues dans des cas plus généraux, par exemple dans le cas où $n_i = l_i^2 F(l_i)$, où $\lim_{i \to \infty} F(l_i)$ est fini, ce qui arrive quand on a $p_i = l_i = i$.

Le cas où le nombre d'un nombre fini quelconque de points essentiels n'est pas plus difficile à considérer [1].

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la théorie des fourneaux de mine.* Note de M. **Eugène Barré**, présentée par M. d'Ocagne.

L'examen approfondi des résultats expérimentaux obtenus par les mineurs militaires, tant en France qu'à l'Étranger, nous a permis de mettre en évidence une propriété des fourneaux de mine qui n'avait pas été aperçue jusqu'ici. Pour obtenir ce résultat, nous avons écrit que l'énergie de l'explosion se répartissait en trois parties :

1° Un travail de compression du sol;

2° Un travail de soulèvement de la masse des terres;

3° Un travail de dislocation et d'échauffement des terres.

Nous avons admis que la loi de compressibilité des gaz de l'explosion était de la forme $pv^\gamma =$ const. et, avec une approximation déjà employée avec succès dans des recherches techniques, nous avons pris $\gamma = 1$.

Dans le cas actuel, les calculs ultérieurs montrent que la fraction

---

(1) Dans une première rédaction de cette Note, les coefficients A_μ ont été calculés d'une manière directe. Nous devons à M. Obrechkoff, à qui nous avons montré cette rédaction provisoire, l'idée de déterminer ces coefficients par intégration.

d'énergie consacrée à la compression du sol est relativement faible ([1]), ce qui diminue encore l'importance relative de l'erreur due à une approximation faite sur ce travail.

Le travail de dislocation et d'échauffement est plus délicat à évaluer. Nous avons admis qu'il se composait de deux parties : une partie d'effets superficiels proportionnels à $M^{\frac{2}{3}}$ (M masse des terres déplacées) et une partie proportionnelle à la masse M ce qui nous a conduit, pour évaluer ce travail, à adopter une expression de la forme

$$\frac{M}{a(n) + b(n)M^{\frac{1}{3}}}$$

dans laquelle $a(n)$ et $b(n)$ sont, pour un explosif donné et un terrain donné, des fonctions de l'indice n du fourneau.

De ces considérations, jointes à l'examen des propriétés connues des fourneaux, auxquels nous avons fait allusion ci-dessus, nous tirons le résultat suivant ([2]) :

Le centre de gravité des terres projetées parvient à une hauteur maximum Z donnée par la formule

$$(\mathrm{I}) \qquad Z = \frac{Hh}{h + h_0(n)}.$$

dans laquelle h désigne la ligne de moindre résistance du fourneau, $h_0(n)$ une fonction de son indice, de valeur toujours positive dans l'intervalle admis $\left(\frac{1}{2} \leq n \leq 3\right)$, fonction à déterminer expérimentalement et H la fonction définie par la relation

$$(\mathrm{II}) \qquad H = \frac{\varpi G\,\varphi(n)}{g\Delta\,\alpha(n)} - \frac{A(n)G}{\delta G\Delta},$$

où ϖ est le potentiel de l'explosif, G le coefficient de solidité du terrain pour cet explosif, Δ sa densité, δ la densité de chargement, g l'intensité de la pesanteur ([3]), $\varphi(n)$ la fonction d'indice du commandant Dambrun et où

([1]) Au moins dans les limites fixées ci-après pour les variations de l'indice.

([2]) On suppose le terrain homogène et la ligne de moindre résistance du fourneau verticale.

([3]) Le système d'unités adopté peut être quelconque ; toutefois nos formules le supposent cohérent.

les fonctions $A(n)$ et $\alpha(n)$ sont définies par les relations suivantes :

(1) $$A(n) = \frac{p_0\varphi(n)}{\alpha(n)} \operatorname{Log}\left(\frac{v}{v_0}\right)$$

(v volume final, v_0 volume initial de la chambre de compression, p_0 pression initiale dans celle-ci) et

(2) $$\alpha(n) = n^2$$

ou

(2 *bis*) $$\alpha(n) = \frac{n^2}{6} + \frac{n^3}{3},$$

suivant qu'on part des idées habituellement reçues sur la formation des entonnoirs ou de celles qui résultent des expériences du lieutenant-colonel Bralion.

En pratique, le terme soustractif de H sera toujours négligeable et l'on pourra prendre

(II *bis*) $$H = \frac{\varpi G\varphi(n)}{\Delta g n^2}$$

ou

(II *ter*) $$H = \frac{6\varpi G\varphi(n)}{g\Delta(n^2 + 2n^3)}$$

suivant qu'on adopte l'une ou l'autre des deux théories.

Remarques. — 1. La formule (1) peut être remplacée par une formule donnant Z en fonction de la charge C du fourneau

(III) $$Z = \frac{HC^{\frac{1}{3}}}{C^{\frac{1}{3}} + C_0^{\frac{1}{3}}(n)},$$

où C_0 est une fonction d'indice analogue à $h_0(n)$.

2. On voit que H est la limite de Z pour un fourneau théorique infiniment puissant. Dans tous les cas $Z < H$.

3. La vérification expérimentale de la théorie précédente ne peut se faire par contrôle direct de la valeur de Z. Mais il est visible que celle-ci est en relation directe avec les vitesses initiales des terres projetées. Il semble donc possible, par cette remarque, d'établir une théorie du mouvement de ces projections et, par suite, d'obtenir un contrôle expérimental de l'ensemble de la théorie.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les spectres de rotation, dans la nouvelle mécanique des quanta, avec le calcul des matrices.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Heisenberg, Born et Jordan ont indiqué récemment [1] une méthode très originale pour formuler une mécanique quantifiée; je veux appliquer ces procédés aux mouvements de rotation, pour retrouver les formules de Deslandres dans les spectres de vibration et rotation.

1. *Rotation.* — Soit un mobile de masse M, se déplaçant sur un cercle de rayon a; nous prenons deux coordonnées rectangulaires q_1, q_2, et nous écrivons, entre les matrices correspondantes, la relation

$$\mathbf{q}_1^2 + \mathbf{q}_2^2 = a^2\mathbf{1}. \tag{1}$$

Si $\mathbf{p}_1$ et $\mathbf{p}_2$ sont les moments, nous aurons une unique condition de quanta, car le système n'a, en réalité, qu'un seul degré de liberté :

$$\mathbf{p}_1\mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_1\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2\mathbf{q}_2 - \mathbf{q}_2\mathbf{p}_2 = \frac{h}{2\pi i}\mathbf{1}. \tag{2}$$

L'énergie se représente par

$$\mathbf{H} = \frac{1}{2\mathrm{M}}(\mathbf{p}_1^2 + \mathbf{p}_2^2). \tag{3}$$

On satisfait aux conditions (1) et (2), et l'on rend **H** matrice diagonale en prenant

$$\left\{\begin{aligned} q_1(m+1, m) &= -iq_2(m+1, m) = \frac{a}{2}e^{i2\pi\nu_m t}, \\ q_1(m, m+1) &= \quad iq_2(m, m+1) = \frac{a}{2}e^{-i2\pi\nu_m t}, \\ -ip_1(m+1, m) &= -\,p_2(m+1, m) = \frac{h(m+\alpha)}{4\pi a}e^{i2\pi\nu_m t}, \\ ip_1(m, m+1) &= -\,p_2(m, m+1) = \frac{h(m+\alpha)}{4\pi a}e^{-i2\pi\nu_m t}. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Tous les autres termes des matrices sont nuls. Born avait toujours considéré des matrices infinies, avec des coefficients $m_1 m_2$ entiers positifs. Ici, au contraire, il est indispensable de donner à m toutes les valeurs entières *positives ou négatives*; les premières correspondent à un sens de rotation, et

(1) Heisenberg, *Zeits. f. Phys.*, 33, 1925, p. 879. — Born et Jordan, *Zeits. f. Phys.*, 34, 1925, p. 858-888. — Kramers, *Physica*, 5, 1925, p. 369-377.

les secondes au sens opposé. Les termes diagonaux de l'énergie sont

$$(5) \qquad H_m = \frac{Ah}{2}\left[(m+\alpha)^2 - (m+\alpha) + \frac{1}{2}\right] \qquad \left(A = \frac{h}{4\pi^2 M a^2}\right).$$

Les fréquences de rotation sont donc

$$(6) \qquad \nu_m = \frac{1}{h}[H_{m+1} - H_m] = A(m+\alpha).$$

Les deux sens de rotation doivent évidemment donner des fréquences égales; ceci nous permet de préciser les valeurs possibles pour la constante arbitraire α : avec $\alpha = \frac{1}{2}$ on retrouve les formules quantiques anciennes; la solution $\alpha = 0$ est celle de Heisenberg et permet l'existence du système au repos, car

$$H_1 = H_0 = \frac{1}{4}Ah \qquad \text{et} \qquad \nu_{m=0} = 0.$$

2. *Vibration et rotation.* — On doit admettre que, outre ses mouvements de rotation, l'atome est capable de vibrations internes; soit ν_0 une des fréquences de vibration; l'ancienne théorie des quanta faisait prévoir, pour les vibrations et rotations *sans influence mutuelle*, les fréquences $\nu = \nu_0 + \nu_m$, soit $\nu_0 + A(m+\alpha)$. Lorsqu'on fait le calcul par la méthode des matrices, on trouve que ces fréquences de combinaison ne peuvent apparaître; et, de fait, je ne crois pas qu'on en ait trouvé d'exemple expérimental.

Les spectres de rotation et vibration prennent naissance lorsqu'on admet un *couplage entre les deux mouvements;* si $\mathbf{H}_0(\mathbf{q}_0, \mathbf{p}_0)$ est l'énergie du mouvement interne, on écrira, par exemple,

$$(7) \qquad \mathbf{H} = \mathbf{H}_0(\mathbf{q}_0, \mathbf{p}_0) + \frac{1}{2M}(\mathbf{p}_1^2 + \mathbf{p}_2^2)[(1 + \lambda\,\varphi(\mathbf{q}_0)],$$

λ étant très petit; ce problème peut être traité complètement et conduit à des formules du type de Deslandres. Dans le mouvement de rotation, on peut choisir $\alpha = \frac{1}{2}$ ou 0; on trouve alors

$$(8) \qquad \alpha = \frac{1}{2} \begin{cases} \nu = \nu_0(n_1, n_2) + \frac{1}{2}(A_1 - A_2)\left[m^2 + \frac{1}{4}\right], \\ \nu' = \nu_0[n_1, n_2) + \frac{1}{2}(A_1 - A_2)m^2 + A_1 m + \frac{1}{4}(5A_1 - A_2); \end{cases}$$

$$(9) \qquad \alpha = 0 \begin{cases} \nu = \nu_0(n_1, n_2) + \frac{1}{2}(A_1 - A_2)\left[m^2 - m + \frac{1}{2}\right], \\ \nu' = \nu_0(n_1, n_2) + \frac{1}{2}(A_1 - A_2)m^2 + \frac{1}{2}(A_1 + A_2)m + \frac{1}{4}(A_1 - A_2) \end{cases}$$

avec

$$(10)\qquad A_1 = \frac{h}{4\pi^2 M a^2}[1 + \lambda\varphi_0(n_1, n_1)], \qquad A_2 = \frac{h}{4\pi^2 M a^2}[1 + \lambda\varphi_0(n_2, n_2)].$$

Mais, dans la dernière formule (9), la raie centrale ($m = 0$) a une intensité nulle et doit disparaître. Or ce point très curieux est confirmé par les résultats expérimentaux et n'avait guère pu être interprété jusqu'à présent.

La mécanique quantique avec le calcul des matrices semble donc trouver ici d'importantes vérifications expérimentales.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'inflammation adiabatique des mélanges carburés.* Note de M. **André Pignot**, présentée par M. Cotton.

L'étude des conditions d'inflammation des mélanges d'air et de combustibles vaporisés, en même temps qu'elle présente un intérêt théorique, comporte des applications pratiques utiles à la technique des moteurs à explosion. A ce dernier point de vue, c'est l'inflammation par compression adiabatique qui semble être la méthode la plus directement intéressante; elle se prête d'ailleurs à des mesures particulièrement précises, et elle peut fournir des évaluations de température avec un degré de précision qui dépend de celui réalisé dans la connaissance du rapport $\gamma = C:c$ entre les deux chaleurs spécifiques du mélange étudié.

Pour cette étude, j'ai pu mettre au point, grâce au concours de ses ateliers, un appareil inspiré de ceux de Falk (1) et de Dixon (2), dans lequel la compression est réalisée instantanément par le choc d'un mouton jusqu'à une valeur réglée d'avance par un butoir qui immobilise le piston à son point d'arrivée. L'inflammation est décelée par un couple thermo-électrique et confirmée par un contrôle chimique ultérieur des gaz résiduaires.

On peut caractériser un mélange par la valeur de la compression volumétrique nécessaire pour obtenir l'inflammation à partir d'une température fixe donnée. Pour des raisons de commodité et de rapidité dans l'exécution des mesures, nous avons été conduit à prendre comme grandeur spécifique la température initiale nécessaire pour obtenir l'inflammation avec une

(1) *Annalen der Physik*, **224**, 1907, p. 480.
(2) *Chemical Soc. Transact.*, **105**, 1re Partie, 1914, p. 2036.

compression volumétrique fixe convenablement choisie. Pour étudier un combustible, on expérimente toute une série de ses mélanges, à pourcentages variés, avec de l'air pur et sec; on pourra le caractériser par le réseau des courbes obtenues (avec diverses valeurs de la compression) en portant en abscisses les pourcentages et en ordonnées les températures initiales nécessaires et suffisantes pour obtenir l'inflammation.

Les expériences ont porté sur l'hexane, l'heptane et l'octane normaux; sur le cyclohexane; sur le benzène, le toluène, le métaxylène, le mésitylène; sur l'alcool éthylique. Elles sont en cours sur l'alcool méthylique et seront poursuivies sur des mélanges divers.

Les formes de courbes obtenues différencient très nettement les carbures aromatiques des carbures saturés. Les variations de la température initiale en fonction du pourcentage de combustible y sont beaucoup plus accentuées et la courbe présente un minimum très accusé, qui ne correspond d'ailleurs nullement au pourcentage défini par la formule de la réaction chimique (combustion totale).

A la compression volumétrique 9, que nous avons particulièrement employée, l'alcool éthylique absolu donne une courbe d'allure analogue à celle du benzène. Des proportions croissantes d'eau, mélangées à l'alcool, élèvent les températures initiales nécessaires, tout en aplatissant la courbe dont le minimum s'évanouit presque pour le mélange à 40 pour 100 d'eau.

Nous avons expérimenté, pour commencer l'étude des combustibles complexes, une série de mélanges cyclohexane-benzène, pour lesquels on peut suivre une déformation continue, sans anomalies des courbes caractéristiques.

Enfin les expériences relatives à l'action possible des corps connus pour leurs propriétés antidétonantes, ont été commencées sur le cyclohexane, avec addition de 10 pour 100 de toluidine ou de 5 pour 100 de sulfure d'éthyle. Ces deux corps, signalés comme des antidétonants très actifs, n'ont qu'une influence négligeable sur les courbes caractéristiques. Les expériences sont poursuivies pour voir si, avec d'autres antidétonants, on observera encore la même indépendance complète entre les actions sur l'inflammation et sur la détonation étudiées parallèlement.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire du camphre.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Cotton.

Dans une précédente Communication [1], j'avais montré que les changements des pouvoirs rotatoires du camphre dans les divers solvants : cyclohexane, benzène et leur mélange, pouvaient s'interpréter de la manière suivante : Le camphre peut exister sous deux formes moléculaires de pouvoirs rotatoires et de dispersions différents, la proportion de ces deux formes étant variable d'un solvant à l'autre.

De nouvelles observations ont permis de confirmer complètement cette hypothèse et d'apporter des précisions nouvelles.

En solution dans l'acide formique, le camphre présente un pouvoir rotatoire nettement inférieur à celui qu'il a en solution benzénique et *en solution dans l'acide sulfurique concentré le camphre droit pur donne des solutions lévogyres*. Pour des concentrations de 1^g dans 50^{cm^3} de solution, voici les pouvoirs rotatoires spécifiques :

λ en U.Å......	6708.	6103.	5893.	5780.	5460.	4602.	4358.
[α] dans HCO^2H...	+13,5	+18,5	+20,5	+21,8	+26,7	+51,5	+69,8
[α] dans SO^4H^2....	−43,8	−55,0	−60,1	−63,1	−73,1	−114,7	−136,8

L'inversion du sens de l'activité optique du camphre dans l'acide sulfurique ne peut s'expliquer par des actions chimiques pour les raisons suivantes :

1° La solution prend de suite une activité optique déterminée et constante, ce qui élimine l'hypothèse d'une combinaison avec une forme énolique du camphre;

2° Les dérivés sulfonés du camphre ne se forment qu'à chaud (95°-100°) et sont dextrogyres si le camphre l'est lui-même;

3° On peut régénérer de suite le camphre droit en étendant la solution avec de l'eau;

4° Il est possible d'obtenir des pouvoirs rotatoires ayant des valeurs intermédiaires entre les précédentes en prenant comme solvants des mélanges d'acides sulfurique et acétique par exemple.

On peut, selon le procédé graphique proposé par M. Darmois, obtenir

---

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 45.

un diagramme en portant sur deux ordonnées les pouvoirs rotatoires pour deux radiations ($\lambda = 5870$ Å et $\lambda = 4358$ Å par exemple) et former des droites en joignant les couples de points. L'ensemble de ces droites converge vers un même point (d'ordonnée — 12° environ) de manière satisfaisante. Ce graphique montre bien, en conséquence de la règle des mélanges de Biot, que tout se passe comme si le camphre était en solution un mélange de forme α dextrogyre et de forme β lévogyre. Il y a donc une analogie complète avec les propriétés de l'acide tartrique. Cette analogie est confirmée encore par les considérations suivantes.

MM. Lowry et Cutter [1] ont donné pour les solutions de camphre dans divers solvants des formules de dispersion de types

$$[\alpha] = \frac{A_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - \frac{B_1}{\lambda^2 - \lambda_2^2},$$

$$[\alpha] = \frac{A'}{\lambda^2 - \lambda'^2} - \frac{B'}{\lambda^2}.$$

Ces formules mettent en évidence deux termes de Drude qui correspondent aux deux formes dextrogyre et lévogyre que nous pouvons obtenir en prédominance selon la nature du solvant. On peut voir que la forme α dextrogyre est probablement identique à la forme moléculaire du camphre dans l'état cristallin. Les dispersions à l'état cristallin, observées par Seherr-Toss [2] et celles qui correspondent à celles du premier terme de Drude (d'après les formules de Lowry et Cutter) pour les solutions dans l'acétone, sont les suivantes :

λ	5893.	5790.	5460.	4920.	4358.
Dispersion du cristal	1	1,06	1,27	1,80	2,70
Dispersion du 1er terme de Drude	1	1,04	1,23	1,70	2,62

L'accord est satisfaisant. Signalons également que l'acide nitrique concentré donne des solutions faiblement lévogyres. Des expériences sont en cours pour observer la bande d'absorption du camphre β qui prédomine en solution sulfurique.

(1) LOWRY et CUTTER, *Journ. of Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 604.
(2) SEHERR-TOSS, *Zeitschrift für Kristallographie*, 23, 1923, p. 582.

RADIOACTIVITÉ. — *Contribution à l'étude des propriétés chimiques du mésothorium* 2 *et de l'actinium.* Note de M[lles] **Ellen Gleditsch** et **C. Chamié**, présentée par M. Jean Perrin.

En relation avec un traitement de terres rares actinifères nous avons étudié quelques réactions de séparation de l'actinium. Nous avons employé la méthode qui consiste à opérer non sur l'actinium, qui présente des difficultés d'identification, mais sur son isotope, le mésothorium 2, élément très facile à déceler par son rayonnement et par sa période de décroissance.

Nous avons préparé le mésothorium 2 par la méthode de M. Yovanovitch (¹) en nous servant d'une préparation de mésothorium 1 du laboratoire Curie; les mesures du rayonnement se faisaient également par les procédés qu'il avait employés.

Nous avons commencé par vérifier que le mésothorium 2 accompagne toujours les terres rares, ensuite nous avons essayé de faire quelques séparations sur celles-ci. Comme sources de terres rares, nous avons utilisé : 1° des oxydes de terres rares extraits de la *Cérite* de Suède, mélange d'oxydes de terres cériques; 2° des oxydes de terres rares extraits de la *Gadolinite* de Hiterée de Norvège, mélange d'oxydes de terres yttriques.

Nous avons employé pour chaque expérience 2^g de mélange de terres en solution neutre, à laquelle on ajoutait la solution de mésothorium 2. La quantité de cet élément était équivalente en rayonnement pénétrant à 5^{mg} de radium élément environ, au moment du mélange des deux liqueurs. On produisait alors la réaction chimique dont il résultait un précipité et une solution. Ordinairement les éléments, contenus dans ces deux parties ont été transformés en oxydes. On pesait ces deux produits secs et on les étalait sur des plaques identiques pour mesurer et comparer leur rayonnement.

Expérience 1. — Le mésothorium 2 fut ajouté à un mélange d'oxydes 1 (terres cériques) et de 2^g de chlorure de magnésium; après addition d'ammoniaque et de chlorure d'ammonium, les terres précipitées furent transformées en oxydes, tandis que le magnésium, resté en solution fut précipité comme phosphate et transformé en pyrophosphate. Les mesures ont donné des résultats très nets : le mésothorium 2 a suivi les terres rares, tandis que le magnésium est resté complètement inactif.

(¹) M.-D.-K. Yovanovitch, *Recherches sur le mésothorium* 2 (*Thèse de Doctorat*, Paris 1925).

Expérience 2. — Le mésothorium 2 fut ajouté à une solution, contenant un mélange d'oxydes 1, et 2g de sulfate d'aluminium. Tous les métaux furent précipités par l'ammoniaque, et l'on constata qu'aucune trace de mésothorium 2 ne restait avec les sels ammoniacaux; les hydrates lavés furent traités par de la soude; l'aluminium passa en solution tandis que les terres restèrent insolubles. Les mesures ont montré que tout le mésothorium 2 était resté avec les terres rares; aucune trace de ce corps n'avait suivi l'aluminium.

Expérience 3. — Les oxydes 1 (terres cériques) et 2 (terres yttriques) furent transformés en sulfates et dissous dans l'eau; après addition du mésothorium 2, on ajouta une solution saturée de sulfate de potassium en augmentant de plus en plus sa quantité jusqu'à disparition presque complète du spectre d'absorption du néodyme dans la solution. Les résultats des mesures ont montré qu'une partie du mésothorium 2 reste en solution : 2,3 pour 100 et 2,4 pour 100. Cette quantité est réduite à 1,4 pour 100 dans un essai où le spectre d'absorption n'était plus visible.

Expérience 4. — On prépara une solution de permanganate de potassium et de carbonate de potassium en proportions bien définies, et on l'ajouta à la solution bouillante des terres cériques qui contenait le cérium à l'état céreux. L'oxyde cérique hydraté est précipité avec le bioxyde de manganèse. En ayant soin de tenir la solution neutre, on arrive à séparer le cérium d'une manière complète. Quand la solution des terres contient du mésothorium 2, les mesures du rayonnement montrent que le cérium est complètement inactif et que tout le mésothorium 2 reste en solution avec les autres terres.

La même expérience fut faite avec un mélange de mésothorium 2 et de radiothorium. La courbe de décroissance du mésothorium 2 dans la partie lanthane-néodyme ainsi que la période n'ont montré aucune variation pendant trois jours de mesures, ce qui prouve l'absence complète du radiothorium dans cette partie de terres. D'autre part, la courbe de montée du radiothorium dans le cérium, partant de zéro, montrait une croissance normale, non troublée par la présence de quantités quelque peu importantes de mésothorium 2.

Expérience 5. — Les oxydes 1 furent transformés en hydroxydes et mis en suspension dans une solution alcaline après addition du mésothorium 2. Quand on ajoute du brome, l'hydroxyde de lanthane passe le premier en solution ([1]).

Nous avons en effet trouvé dans la partie dissoute, qui ne montrait pas les spectres d'absorption du néodyme et du praséodyme, les 87,4 pour 100 du mésothorium 2.

Ces expériences confirment et complètent les travaux de M. Yovanovitch d'après lesquels le mésothorium 2 suit les terres cériques et plus spécialement le lanthane, dont il doit être l'homologue.

Bien qu'on ait affaire à des quantités impondérables de mésothorium 2, ses réactions chimiques sont nettes et peuvent le définir comme élément chimique. Les conclusions obtenues sont également applicables à l'actinium.

([1]) Browning, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1679.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés physiques des alliages de magnésium ultra-légers.* Note de MM. **Albert Portevin** et **François Le Chatelier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les conceptions actuelles sur les avantages des alliages légers et ultralégers dans la construction des organes de moteurs, notamment des pistons [1], attribuent à certaines propriétés physiques : densité, conductibilité calorifique, dilatabilité une importance primordiale, comparable et même supérieure à celle des propriétés mécaniques. Il importe donc, pour se guider dans le choix des alliages ultra-légers à adopter, de recueillir des indications numériques qui font à peu près totalement défaut à l'heure actuelle.

Dans ce but, on a procédé à une série de déterminations de la densité, de la dilatabilité et de la résistance électrique d'alliages ultra-légers obtenus en ajoutant, au magnésium, divers métaux, Al, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Si, Zn. On a choisi la résistance électrique parce que la détermination en est plus commode et plus précise que celle de la conductibilité calorifique, et qu'il existe entre cette dernière et la conductibilité électrique un parallélisme assez étroit. Il y a proportionnalité entre ces deux coefficients de conductibilité pour les métaux purs, et les courbes représentant leur variation en fonction de la concentration dans les alliages ont des formes tout à fait analogues (voir Lorenz, Wiedemann et Franz, Broniewsky etc.).

Les déterminations ont été faites à l'état filé [2] et recuit.

En première approximation les variations du volume spécifique V et de la résistivité ρ, en fonction de la concentration x ou poids pour 100 de métal ajouté, peuvent être représentées par une formule linéaire :

$$V = 0,575 - K_V x \text{ en cm}^3/\text{gr}.$$
$$\rho = 4,5 + K_\rho x \text{ en microohms/cm}^2/\text{cm}.$$

	Al.	Cd.	Cu.	Mn.	Ni.	Pb.	Si.	Zn.
K_V	0,0022	0,0047	0,0052	0,004	0,00538	0,0056	"	0,0043
K_ρ	1,34	0,15	0,01	0,13	0,06	0,58	"	0,28
Pour $x <$ (pour 100).	7	6	13	4	15	5	5	5

---

(1) Voir de Fleury, *Bull. Soc. Encour.*, **130**, 1922, p. 895, et *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2161.

(2) Les alliages bruts de coulée peuvent présenter des défauts ou solutions de continuité qui faussent la valeur des caractéristiques physiques.

Les limites d'application de la formule linéaire ne sont des limites réelles que pour l'aluminium (limite de la solution solide) et le zinc (limite d'homogénéité); pour les autres métaux, elles indiquent simplement la teneur la plus élevée des alliages préparés. Ces résultats suggèrent des remarques ou conclusions d'ordre pratique dont nous nous contenterons d'indiquer quelques-unes.

1° *Volume spécifique.* — Le coefficient K_v est celui qui résulterait de la règle des mélanges sauf pour Al (solution solide jusqu'à 7 pour 100) et Cu(Mg^2Cu se forme vraisemblablement avec une légère contraction).

2° *Résistivité.* — Elle indique, conformément aux déterminations de Broniewski et de Stepanow, la concentration 7 pour 100 pour limite de la solution solide Mg — Al; cette mise en solution solide est accompagnée d'un fort accroissement de résistivité, ce qui n'a pas lieu pour le cadmium qui entre également en solution solide dans Mg. Au point de vue des applications, les alliages ultra-légers étudiés peuvent se classer en trois catégories : bons conducteurs (Cu, Ni, Mn, Cd.); à haute résistivité (Al); intermédiaires (Zn, Pb, Si).

Au point de vue conductibilité, ce sont ceux au Cu et au Ni qui sont les plus intéressants à retenir.

3° *Dilatabilité.* — Pour les alliages étudiés, les valeurs du coefficient de dilatation sont très voisines de celles du magnésium; il n'est guère possible de calculer un coefficient de variation de la dilatabilité en fonction de la teneur en métal d'addition.

L'addition de zinc ou de plomb, plus fusibles que Mg, augmente le coefficient de dilatation. Inversement, l'addition de cuivre, de nickel et surtout de silicium abaisse le coefficient de dilatation du magnésium, ainsi que l'addition d'aluminium en quantité inférieure à la limite de la solution solide.

Alliages ternaires. — Les mêmes déterminations ont été faites sur des alliages ternaires : Mg-Al-Cu, Mg-Al-Ni et Mg-Al-Zn. Alors que pour ces derniers le volume spécifique et la résistivité sont des propriétés additives, pouvant approximativement être représentées par une formule linéaire déduite des précédentes, telle que

$$\rho = 4,5 + 1,34\,\text{Al} + 0,28\,\text{Zn},$$

il n'en est plus de même pour les alliages Mg-Al-Cu et Mg-Al-Ni. C'est ainsi que pour certains alliages à l'aluminium et au cuivre, le volume spécifique calculé d'après les données précédentes est trop faible et la résis-

tivité beaucoup trop élevée : un alliage binaire à 10 pour 100 Al a une résistivité de l'ordre de 15 alors que l'alliage ternaire à 10 pour 100 Al et 5 pour 100 Cu n'a qu'une résistivité de 6,55 (ceci fait entrevoir l'intervention d'un composé défini dans ces alliages ternaires). La même constatation peut être faite d'une manière encore plus accusée pour les alliages ternaires Mg-Al-Ni.

Conclusions. — Si l'on tient compte des propriétés mécaniques, qui ont été déterminées également sur les alliages étudiés, on voit que les types les plus intéressants paraissent être :

1° Parmi les alliages binaires : ceux au nickel et au cuivre;

2° Parmi les alliages ternaires : ceux à l'aluminium-nickel et à l'aluminium-cuivre.

Ils réalisent l'association la plus heureuse de la densité, de la limite élastique, de la dureté, de la conductibilité calorifique et de la dilatabilité nécessaires pour certaines applications, telles que les pistons de moteurs.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de la magnésie par l'alumine.* Note de M. **A. Lassieur**, présentée par M. G. Urbain.

MM. Pariselle et Laude [1] ont étudié récemment la précipitation de l'alumine par l'ammoniaque, au sein d'un liquide renfermant des sels de magnésium. Ils ont trouvé qu'en utilisant quatre fois la quantité d'ammoniaque nécessaire, la magnésie est à peu près intégralement entraînée par l'alumine, dans le cas où la liqueur ne contient pas de sels ammoniacaux ajoutés. Pour faire cesser le phénomène, il faut précipiter l'alumine en présence d'une grande quantité de sels ammoniacaux : 100 molécules au moins, pour deux molécules du mélange des sels d'aluminium et de magnésium. Ces conclusions nous ont quelque peu inquiété. La séparation de l'alumine et de la magnésie est effectuée couramment dans l'analyse de nombreux produits naturels, et spécialement des silicates. La précipitation de l'alumine par l'ammoniaque est faite habituellement en présence de sels ammoniacaux, mais il est hors de doute que, le plus souvent, on ne met pas en œuvre les quantités massives de ceux-ci, considérées comme nécessaires par MM. Pariselle et Laude, pour obtenir une bonne séparation de la magnésie. Nous pouvons nous demander si d'innombrables ana-

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 117.

lyses, comportant la séparation de l'alumine avec la magnésie, n'ont pas été faussées par le phénomène d'entraînement de la magnésie par l'alumine. Ceci n'est nullement certain *a priori*, car malheureusement les auteurs précités n'ont pas effectué leurs expériences dans les conditions de la pratique analytique. Il est mauvais de précipiter l'alumine par un excès important d'ammoniaque, l'alumine étant notablement soluble dans les solutions ammoniacales, et nous avons montré, avec M. Kling [1], l'importance de l'erreur provenant de la précipitation de l'alumine au sein de liqueurs de pH supérieurs à 7.

Nous avons reproduit les expériences de MM. Pariselle et Laude, en utilisant les quantités strictement nécessaires d'ammoniaque, pour obtenir une précipitation quantitative de l'alumine. Celle-ci est obtenue quand le liquide présente un exposant d'hydrogène pH = 7, correspondant au virage bleu du bromothymol bleu. Dans de telles conditions, en l'absence de tout sel ammoniacal ajouté, l'alumine précipite seule, même en présence de quantités importantes de magnésie. On a pu séparer ainsi exactement $0^g,098$ d'alumine de $0^g,107$ de magnésie. Dès que l'excès d'ammoniaque devient notable, l'entraînement se manifeste, ainsi qu'on peut le voir par l'examen du tableau suivant :

Précipitation de $0^g,098$ Al^2O^3, *en présence de* $0^g,107$ MgO *au sein d'un liquide présentant un volume de* 200^{cm^3}.

Cm³ NH³ (solut. à 20 %) employés.	Poids du précipité.
	g
0,8 (virage du B. thymol bleu)	0,098
1,6	0,154
3,2	0,178
4,0	0,178
5,0	0,185

Le poids du précipité varie notablement d'une expérience à l'autre, le phénomène n'est pas constant, dans les conditions où l'on opère, en tout cas, la durée d'ébullition n'influe pas sur l'entraînement.

Même en employant un excès notable d'ammoniaque, nous avons observé que l'entraînement ne se produit plus quand la concentration en magnésie s'abaisse à $0^g,050$ par litre de solution.

Les sels ammoniacaux s'opposent à l'entraînement, mais il faut les faire

---

(1) *Chimie et Industrie*, **12**, 1924, p. 1003.

intervenir en quantités massives. Ainsi, les précipitations indiquées ci-dessus, faites en employant $3^{cm^3},2$ d'ammoniaque, ont conduit aux résultats suivants, quand on ajoute du nitrate d'ammoniaque :

Nitrate d'ammoniaque ajouté.	Poids du précipité.
g	g
1	0,174
2	0,161
5	0,102
10	0,098

Il résulte de ce qui précède :

1° Qu'il ne faut pas précipiter l'alumine par un excès notable d'ammoniaque, sous peine d'obtenir une précipitation incomplète et d'observer, en outre, un entraînement de magnésie, quand la liqueur précipitante ne renferme pas des quantités importantes de sels ammoniacaux;

2° Que la séparation de l'alumine et de la magnésie a lieu correctement, même en l'absence de sels ammoniacaux ajoutés, par précipitation ammoniacale, le réactif étant ajouté jusque virage bleu du bromothymol bleu, sans dépasser ce point.

Il convient de noter que la chaux ne donne pas lieu au même phénomène d'entraînement que la magnésie, la séparation de l'alumine et de la chaux se produit sans complication.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la transformation et de l'oxydation du sesquioxyde de chrome.* Note de MM. **L. Blanc** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que si l'on chauffe le sesquioxyde de chrome précipité (bleu), il se transforme avec incandescence en une autre variété vert olive. Kruger [1] avait observé que la température de transformation n'était pas la même dans l'air et dans un gaz inerte; nous avons, pour notre part, constaté que l'incandescence avait lieu dans le vide 250° plus haut que dans l'air.

Nous essayons ici de préciser quelles sont les réactions d'oxydation qui provoquent dans l'air à 500° la transformation du $Cr^2O^3_\alpha$ bleu en $Cr^2O^3_\beta$ vert olive.

---

(1) Kruger, *An. Ph. Chem. Pogg.*, 61, 1844, p. 218.

L'évolution des différents oxydes avec la température a été suivie par l'analyse thermique différentielle, au moyen de l'appareil enregistreur Saladin-Le Chatelier. Chaque produit était aussi analysé par décomposition dans le vide; on pesait le résidu de sesquioxyde de chrome calciné et l'on mesurait le volume d'oxygène dégagé ; on évitait ainsi l'erreur due à l'eau et aux gaz adsorbés par ces corps qui se présentent en poudre très fine. On suivait aussi la marche du dégagement gazeux en fonction de la température, ce qui a permis de vérifier l'interprétation des courbes d'analyse thermique. Sur la figure, nous avons indiqué les principaux types de courbe obtenus dans cette étude; elles débutent généralement par une absorption de chaleur provoquée par le départ de l'eau adsorbée.

L'oxyde de chrome précipité $Cr^2O^3_\alpha$ s'oxyde rapidement à l'air dès 200° pour former, comme l'avaient déjà observé Manchot et Krauss [1], un oxyde de composition CrO^2 ou (CrO^3, Cr^2O^3); celui-ci, traité par l'eau chaude, laisse comme résidu un corps de formule Cr^5O^9 ou (CrO^3, $2Cr^2O^3$) que l'on peut aussi préparer par d'autres méthodes, en particulier par l'action de l'acide chromique sur $Cr^2O^3_\alpha$.

La courbe I représente l'analyse thermique du $Cr^2O^3_\alpha$, chauffé à l'air, on observe vers 500° la transformation exothermique $Cr^2O^3_\alpha \rightarrow Cr^2O^3_\beta$. Les courbes II et III, se rapportant respectivement aux oxydes CrO^2 et Cr^5O^9 indiquent un brusque dégagement de chaleur vers 440° qui correspond à la formation de $Cr^2O^3_\beta$ et d'une petite quantité d'un oxyde noir nouveau.

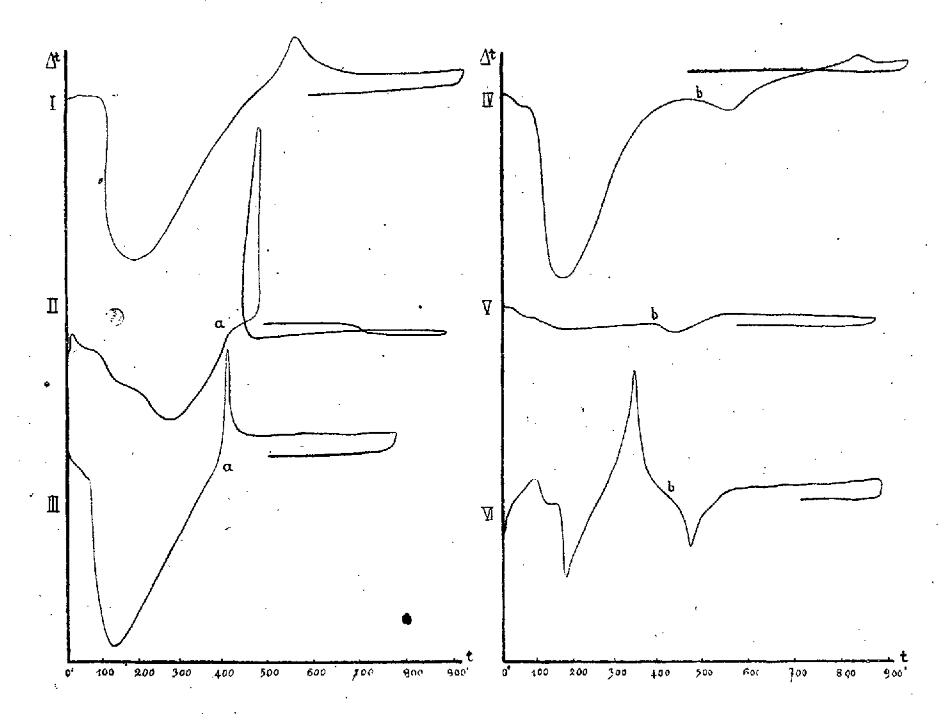
Si, au lieu de décomposer brutalement CrO^2 et Cr^5O^9 vers 440°, on les maintient plusieurs heures vers 350°, on obtient un mélange de $Cr^2O^3_\beta$ et du même oxyde noir en plus grande quantité; celui-ci se détruit, avec absorption de chaleur, entre 450° et 500° (courbe V) en donnant du $Cr^2O^3_\beta$ vert olive.

L'anhydride chromique se décompose vers 300° avec dégagement de chaleur (courbe VI) et il se forme un oxyde noir qui se détruit à son tour vers 450° avec absorption de chaleur pour donner du $Cr^2O^3_\beta$.

Le $Cr^2O^3_\beta$, préparé à partir du $Cr^2O^3_\alpha$, ne s'oxyde pas; mais si l'on chauffe l'acide chromique dans de l'acide borique vers 600°, on obtient, après lavage, un oxyde de chrome très fin de couleur vert émeraude (vert Guignet) qui s'oxyde rapidement mais toujours incomplètement à l'air dès 200°; il se forme un produit noir qui donne comme précédemment vers 500° du $Cr^2O^3_\beta$ avec absorption de chaleur, ce que l'on constate en *b* sur la courbe d'analyse thermique du vert Guignet (courbe IV). Une vérification facile de ces faits consiste à chauffer du vert Guignet dans un four à 600°;

(1) Manchot et Krauss, *Berichte*, 39, 1906, p. 3512.

en quelques minutes on obtient du $Cr^2O^3_\beta$ vert olive; au contraire le vert Guignet chauffé dans l'hydrogène conserve sa couleur vert émeraude. Traité par l'acide chromique, il donne, après lavage, l'oxyde noir déjà



obtenu et caractérisé par sa décomposition endothermique entre 450° et 500°. Nous lui trouvons la formule Cr^5O^9.

Il existerait donc deux variétés de Cr^5O^9 que l'on obtiendrait respectivement par oxydation des deux formes de Cr^2O^3 (le vert Guignet n'est, en effet, comme on l'a pu voir par son mode de préparation et ses propriétés, que du $Cr^2O^3_\beta$ très divisé).

La transformation à l'air de $Cr^2O^3_\alpha$ en $Cr^2O^3_\beta$ vers 500° serait donc déclanchée par la transformation vers 440° du $Cr^5O^9_\alpha$ en $Cr^5O^9_\beta$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des substances organiques réalisée à haute température, et sous pression élevée.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, transmise par M. Ch. Moureu.

Dès 1868, Marcelin Berthelot (¹) réalisa l'hydrogénation des substances organiques, les plus diverses, en les soumettant, en tube scellé, vers 275°, à l'action d'une solution concentrée d'acide iodhydrique. Ainsi que ce savant l'a fait remarquer, l'agent d'hydrogénation, propre à cette méthode, est représenté par l'hydrogène à l'état naissant et la production de composés isolés intermédiaires joue un rôle important dans la réaction.

Beaucoup d'autres auteurs ont poursuivi le même but que celui auquel visait Berthelot et, pour ce, ils ont cherché à utiliser diverses sources d'hydrogène naissant. Récemment Rostin a, par exemple, employé l'hydrogène naissant libéré par action d'un métal sur H^2S.

En 1904, W. Ipatiew entreprit la publication d'une série de travaux (²) se rapportant à l'hydrogénation des substances organiques, par le moyen de l'hydrogène sous pression, mais agissant en présence d'*un catalyseur hydrogénant*, qui fût, généralement, l'oxyde de Ni. Cet oxyde a pour rôle d'atomiser l'hydrogène moléculaire, afin de permettre son entrée en réaction avec les molécules organiques.

A l'inverse d'Ipatiew, dans les travaux qu'il a publiés ultérieurement, Bergius (³) n'a utilisé, pour l'obtention de cette hydrogénation, aucun catalyseur, et il a cherché à faire entrer directement l'hydrogène en réaction avec les hydrocarbures, par l'emploi simultané d'une haute pression et d'une température élevée. Il a abouti à ses fins; toutefois, il semble ne s'être jamais expliqué, relativement au mécanisme même de la fixation d'hydrogène réalisée par sa méthode.

Or, dans les expériences que nous poursuivons depuis trois ans touchant ladite méthode, il nous a été donné de dégager un certain nombre de faits, à la faveur desquels nous sommes à même, croyons-nous, d'élucider maintenant le mécanisme de la réaction :

Pour chaque molécule, il existe un seuil de température à partir duquel débutent les phénomènes de dissociation dont l'aboutissant est

(¹) *Bulletin Soc. ch.*, 9, 1868, p. 8 et suiv.
(²) *Ber. Deut. Ges.*, 37, 1904, p. 2961.
(³) Brevet français n° 470551.

l'effondrement de l'architecture de cette molécule (phénomène dit de cracking). Or, le plus souvent, ce seuil de température correspond au niveau thermique pour lequel l'hydrogénation des molécules nouvelles, résultant de la scission de la molécule primitive, ou de son amputation du fait du départ de certains groupements, sont également possibles. Voici, par exemple, quelques-uns de ces seuils de température :

Pour l'alcool butylique tertiaire,	le seuil est voisin de	....	250°
» l'alcool butylique secondaire,	» »	....	380°
» l'huile végétale (colza),	» »	....	430°-440°
» l'huile de poisson,	» »	....	410°
» les hydrocarbures paraffiniques,	» »	....	410°-440°
» la naphtaline,	» »	....	500° env.
» l'anthracène,	» »	....	475°
» la colophane,	» »	....	460°
» le caoutchouc,	» »	....	350°-360°

En ce qui concerne la méthode d'hydrogénation, sous températures et pression élevées, on est donc fondé à admettre que *c'est l'hydrogène moléculaire qui agit sur les molécules organiques naissantes*, et cela à l'instant même où la molécule initiale se rompt par dissociation.

Cette méthode se prête, avec une aisance parfaite, à une étude de la pyrogénation, autrement dit à une étude du comportement et de la stabilité des molécules à haute température. En effet, au cours de son application, toute formation de goudron est empêchée, du fait que les tronçons de molécules résultant du cracking ne peuvent se souder les uns aux autres en fournissant les molécules lourdes qui constituent les goudrons, attendu qu'ils se saturent, en s'hydrogénant, à mesure de leur apparition. En outre, si l'on a soin de conduire l'opération avec une vitesse convenable, elle aboutit à la production d'hydrocarbures saturés, à l'exclusion de tous les autres, par conséquent à la formation de produits stables.

Appliquée à des molécules présentant entre elles des différences de stabilité suffisantes, cette méthode nous a permis de différencier ces molécules les unes des autres et de préciser quelle constitution devait leur être attribuée, en particulier dans le cas d'un certain nombre de produits naturels. C'est ainsi qu'ayant reconnu que la houille ne s'hydrogénait qu'avec une extrême difficulté et ne fournissait presque exclusivement que des molécules cycliques benzéniques, nous avons pu en conclure, d'une manière indubitable, que les molécules qui la constituent possèdent une structure cyclique; cette conclusion n'est point sans importance, puisqu'elle permet de dépar-

tager adversaires et partisans de la théorie d'après laquelle la houille dériverait des lignines et, de ce fait, conserverait une architecture cyclique. Nous avons pu également montrer que les huiles des schistes français renferment, à côté de composés aliphatiques et naphténiques, une proportion d'environ 10 pour 100 de dérivés à noyau benzénique, lesquels ne s'hydrogènent, qu'après coup, dans une seconde phase de l'opération.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des oxydes d'éthylène et comparaison des capacités affinitaires de quelques radicaux cycliques et acycliques.* Note de M. **Tiffeneau** et M^lle **J. Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

L'étude de l'isomérisation des oxydes d'éthylène avec formation d'aldéhydes ou de cétones présente un grand intérêt théorique. Cette isomérisation implique, en effet, la rupture de l'une des liaisons de l'oxygène oxydique. Or, si l'on admet que la liaison qui se rompt est la plus faible, il semble qu'on puisse en tirer des conclusions sur les capacités affinitaires relatives des radicaux qui sont fixés sur chacun des carbones de la fonction oxyde d'éthylène.

Les exemples connus jusqu'ici montrent en effet que, dans les oxydes d'éthylène mono- et disubstitués, la rupture a toujours lieu du côté où se trouve le radical de plus forte capacité affinitaire. C'est ainsi qu'avec l'oxyde de phénylméthyléthylène symétrique, la rupture a lieu du côté de la substitution phénylée :

$$C^6H^5-\underset{\diagdown O \diagup}{CH-CH}-CH^3 \rightarrow C^6H^5-CH^2-CO-CH^3$$

et, à plus forte raison, dans le cas de l'oxyde dissymétrique, la rupture a lieu du côté où le carbone est bisubstitué :

$$\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\!\!>\underset{\diagdown O \diagup}{C-CHH} \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH-CHO.$$

Il était intéressant de comparer entre eux, d'une part, deux radicaux aryles, d'autre part, un radical aryle et deux radicaux alcoyles.

I. Comparaison de deux radicaux aryles (anisyle et phényle). — *Oxyde d'anisyl-1-phényl-2-éthylène* $CH^3O-C^6H^4-\underset{\diagdown O \diagup}{CH-CH}-C^6H^5$. — Cet

oxyde, préparé par action de l'acide perbenzoïque sur l'anisyl-1-phényl-2-éthylène, fond à 118-119°. Distillé sous 760mm, il s'isomérise en anisylacétophénone (¹) $CH^3O - C^6H^4 - CH^2 - CO - C^6H^5$ (p. f. 98°). Les deux isomères possibles : l'anisylbenzylcétone (²) (p. f. 74-75°) et l'aldéhyde anisylphénylacétique, liquide se combinant au bisulfite (semicarbazone 127-128°), sont nettement différents (³). La réaction a donc lieu comme suit avec rupture du côté du radical anisyle :

$$CH^3O - C^6H^4 - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH} - C^6H^5 \rightarrow CH^3O - C^6H^4 - CH^2 - CO - C^6H^5.$$

La capacité affinitaire du radical anisyle est donc supérieure à celle du radical phényle, ce qui confirme toutes les conclusions antérieures.

II. Comparaison du radical aryle (phényle) avec deux radicaux mixtes (benzyle). — Dans un travail antérieur (⁴), nous avons pu, en opposant à un phényle ou à un anisyle deux radicaux à forte capacité affinitaire comme CH^3, montrer que la capacité affinitaire d'un phényle est inférieure à celle de deux méthyles :

$$Ar - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - C} \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} \rightarrow CHO - C \begin{matrix} \diagup Ar \\ - CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}.$$

Nous avons étudié l'influence de radicaux à capacité affinitaire faible comme le benzyle et nous avons constaté qu'avec l'oxyde de phényldibenzyléthylène décrit ci-après, la rupture a lieu du côté du phényle.

Oxyde de diphényl-1.3-benzyl-2-propène-1.2 (syn. *oxyde de dibenzylstyrolène dissymétrique*)

$$C^6H^5 - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - C} \begin{matrix} \diagup CH^2 - C^6H^5 \\ \diagdown CH^2 - C^6H^5 \end{matrix}.$$

— Cet oxyde s'obtient par action de l'acide perbenzoïque sur le phényldibenzyl-1.1-éthylène (p. f. 29-30°); c'est un liquide épais qui bout à

(¹) Orékhoff et Roger, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 70.

(²) Meisenheimer, *Lieb. Ann.*, 355, 1907, p. 291.

(³) Orékhoff et Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **38**, 1925, p. 1417.

(⁴) Tiffeneau, Orékhoff et Mlle Lévy, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 977.

240-245° sous 36^{mm}. Distillé à la pression ordinaire, il se transforme en un corps fusible à 75°, identique à la triphényl-1.2.4-butanone-3 (¹) et différent de la dibenzyl-1.1-acétophénone qui est fusible à 78° (²).

$$C^6H^5 - \underset{\diagdown\ \ O\ \ \diagup}{CH - C} \begin{matrix} - CH^2 - C^6H^5 \\ \diagdown CH^2 - C^6H^5 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 - CH^2 \end{matrix} \!\!>\! CH - CO - CH^2 - C^6H^5.$$

La capacité affinitaire d'un phényle (³) paraît donc supérieure à celle des deux radicaux benzyles.

Conclusions. — L'étude de l'isomérisation des oxydes d'éthylène dissymétriquement di- ou trisubstitués permet de comparer les divers radicaux substituants au point de vue de leurs capacités affinitaires. Les radicaux acycliques ont une capacité affinitaire inférieure à celle des radicaux cycliques et, parmi ces derniers, l'anisyle l'emporte sur le phényle. D'autre part, tandis que la capacité affinitaire d'un phényle, augmentée de celle d'un hydrogène, est inférieure à celle de deux méthyles, elle est supérieure à celle de deux radicaux benzyles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les ortho-méthylcyclopentanols stéréoisomères.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, transmise par M. Moureu.

Nous avons fait connaître récemment (⁴) que, par action des organomagnésiens sur les oxydes de cyclohexène et de *p*-méthylcyclohexène, on pouvait obtenir des alcools cyclohexaniques homologues du cyclohexanol et nous avons démontré en outre que ces alcools étaient des isomères *cis* alors que la plupart des autres méthodes d'obtention de ces composés fournissait les isomères *trans*.

Dans la présente Note, nous indiquerons les résultats que nous avons obtenus en partant cette fois de l'oxyde de cyclopentène, ce qui nous a permis, avec l'iodure de méthylmagnésium par exemple, de préparer pour

---

(¹) Orékhoff, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 25, 1919, p. 113.

(²) Nef, *Ann. Lieb.*, 310, 1900, p. 322. — Haller et Bauer, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 5.

(³) Il faudrait conclure plus exactement que la capacité de deux radicaux benzyles est inférieure à celles du radical phényle et de l'atome d'hydrogène.

(⁴) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 461; 178, 1924, p. 1184; et 180, 1925, p. 751.

la première fois, le *cis*-ortho-méthylcyclopentanol stéréoisomère de celui engendré par réduction de la cyclopentanone ortho-méthylée.

L'oxyde de cyclopentène, C^5H^8O, obtenu en 1913 par l'un de nous en collaboration avec M. Taboury par action de la potasse sur l'iodhydrine du cyclopentène (¹), a été préparé par nous plus économiquement en mettant en œuvre la chlorhydrine issue de l'action de la monochlorourée sur le cyclopentène, carbure que nous avons pu obtenir avec un excellent rendement par déshydratation du cyclopentanol à l'aide de l'anhydride phtalique bouillant. Quant au cyclopentanol, nous l'avons préparé en réduisant la cyclopentanone en solution éthérée par le sodium en présence d'une solution saturée de bicarbonate de sodium. En définitive, la matière première nécessaire pour ces recherches se trouve être la cyclopentanone. Nous avons trouvé qu'il était extrêmement commode de préparer cette cétone en grande quantité en chauffant de l'adipate de zinc dans une cornue en fer car le rendement ainsi obtenu s'élève à plus de 50 pour 100 tandis qu'en partant de l'adipate de chaux, il n'atteint guère que 10 pour 100.

Si l'on fait réagir l'oxyde de cyclopentène (1^{mol}) sur un excès d'iodure de méthylmagnésium (2^{mol}), si l'on chasse ensuite l'éther par chauffage au bain-marie et si l'on reprend par l'eau acidulée on obtient, avec un bon rendement, un ortho-méthylcyclopentanol qui se trouve être l'isomère *cis* :

$$\begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH \\ | \qquad | \quad \rangle O \\ H^2C - CH \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH \qquad MgI \\ | \qquad | \quad \rangle O \langle \\ H^2C - CH \qquad CH^3 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH - OMgI \\ | \qquad | \\ H^2C - CH - CH^3 \end{array} + H^2O$$

$$= \begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH - OH \\ | \qquad | \\ H^2C - CH - CH^3 \end{array} + Mg \begin{array}{l} \diagup I \\ \diagdown OH \end{array}$$

Cet alcool bout vers 148-149° ($d_{16°}^{16°} = 0,9389$; $n_D^{16°} = 1,4504$; R. M. trouvée = 28,65; R. M. calculée = 29,14; phényluréthane p. f. 94°; allophanate p. f. 174°). Oxydé par l'acide chromique en milieu acétique, il se transforme en ortho-méthylcyclopentanone (semicarbazone p. f. 184°). Son isomère *trans*, déjà obtenu par l'un de nous en hydrogénant par le nickel l'α-méthylcyclopentanone mais souillé d'un peu d'isomère *cis* (²), a été préparé par nous à nouveau à l'état pur en hydrogénant la même

(¹) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1625.

(²) *Annalen der Chemie*, **420**, 1919, p. 91.

cétone par le sodium, en présence d'une solution de bicarbonate de sodium. Il bout vers 150-151° ($d_{16°}^{16°} = 0,9258$; $n_D^{16°} = 1,4499$; R. M. trouvée = 29,02; R. M. calculée = 29,14; phényluréthane p. f. 89°; allophanate p. f. 174°). Notons la concordance des points de fusion des deux allophanates des deux alcools *cis* et *trans*; ce n'est qu'une simple coïncidence, car les alcools régénérés de ces allophanates donnent respectivement les deux phényluréthanes p. f. 94° et 89°, ce qui en montre bien la différence. Notons aussi que, conformément à la règle établie par Auwers et Skita (¹), le dérivé *cis*, comparé au dérivé *trans*, possède bien une densité plus forte, un indice de réfraction plus élevé et une réfraction moléculaire plus faible.

GÉOLOGIE. — *Sur le mode de gisement et l'âge des roches éruptives de la région médiane du pays sakalave (ouest de Madagascar).* Note de **M. Louis Barrabé.**

La plus grande partie des roches éruptives de la zone médiane du pays sakalave, comprise entre le Manambolo, au Sud, et le Sambao, au Nord, se rapportent à deux groupes principaux : 1° des gabbros avec ou sans olivine et les types microlitiques ou microgrenus qui en dérivent (dolérites, basaltes, etc.); 2° des microgranites, rhyolites, pechsteins, etc. Toutes ces roches ont été étudiées par M. J. Giraud et surtout par M. A. Lacroix, aussi je n'examinerai ici que leurs conditions de gisement et l'âge de leur mise en place.

Les gabbros proprement dits forment la presque totalité de deux gros laccolites : le Fonjay et l'Antatika-Ambereny, situés entre le Ranobe et le Manambao. Ces deux massifs éruptifs qui soulèvent et métamorphisent les niveaux permo-triasiques avoisinants sont indiscutablement post-triasiques. Il en est de même pour les réseaux de dykes, filons et sills doléritiques qui entourent ces laccolites. D'autres petits laccolites, de dimensions beaucoup plus réduites que les précédents, se rencontrent en de nombreux points de la vaste zone d'affleurement des grès triasiques. Le mont Miefitanatry, situé près de Bemolanga, et qui a été considéré comme un volcan récent, est en réalité un petit massif intrusif de ce type constitué par une zone de dolérite à grain fin externe (pseudo-cône) bordant une dolérite à grands éléments,

(¹) *Annalen der Chemie*, **427**, 1922, p. 255.

très altérée et zéolitisée, qui en occupe le centre (pseudo-cratère). De nombreux dykes et filons-couches de dolérite constituent un vaste réseau intrusif dans toute la série gréso-marneuse du Trias. Je n'ai rencontré, par contre, dans la région permo-triasique, aucun épanchement superficiel de basalte, mais seulement des filons-couches dénudés constitués par des dolérites à grain plus ou moins fin; aucun tuf ne se trouve d'ailleurs dans ces formations. Ce n'est que dans les régions crétacées situées à l'Ouest et au Nord que se rencontrent des coulées basaltiques alternant d'ailleurs avec des tufs ou des grès à éléments volcaniques.

Les microgranites, les rhyolites et les pechsteins se rencontrent en dykes, parfois épais et très étendus, dans la région située au sud du Manambao. Au nord de ce fleuve et surtout au nord du Ranobe, les roches acides se présentent généralement en grosses masses tabulaires à délit souvent subprismatique, couronnant des collines et reposant, par une surface de contact presque horizontale, sur les grès ou les marnes du Trias. Tels sont les gros massifs rhyolitiques du Berondro, du Mahanitsy, du Masiakampy, de l'Andreforefo, du Bokarano, de l'Ambohitsiraindraina, de l'Ambohitsiraindrainakely, du Kivorondolo et de l'Abohimirahavavy et microgranitiques du Tsimitaratra et du Besongomby. Tous ces massifs semblent toutefois en relation, en profondeur, avec des dykes acides qui traversent le substratum sédimentaire. Enfin l'Ambereny, au centre de l'Antatika, et le Mont Ankiboboraka, au nord de l'Ambohitsiraindraina, sont des culots de microgranite.

L'allure générale de ces venues acides et leur position sur des crêtes élevées pourraient faire penser que ce sont simplement les vestiges d'anciennes coulées rhyolitiques ou microgranitiques qui auraient recouvert de vastes étendues, au nord du Manambao, jusqu'aux abords du plateau de Mahafoka. Sans avoir d'argument décisif contre cette manière de voir que j'avais adoptée au début de mon exploration, je pense que la majorité sinon la totalité des venues acides citées précédemment sont d'anciennes *intrusions dans le Trias*, restées en relief par dénudation, grâce à leur dureté beaucoup plus grande que celle des grès triasiques. On trouve souvent, en effet, des lambeaux de Trias intercalés entre deux lames rhyolitiques (Besongomby) ou superposés aux gros massifs (ouest de Belitsaka), sans métamorphisme net il est vrai, mais aussi sans trace d'éléments éruptifs qui ne devraient pas manquer dans des sédiments superposés à des coulées éruptives. Certains massifs comme le Tsimitaratra et le Besongomby présentent des apophyses latérales qui les rendent très comparables aux grands laccolites acides des

États-Unis. Seuls les lambeaux trachytiques couronnant les Monts Antseidohalahy et Antseidohavavy semblent constituer les restes d'une ancienne coulée reposant sur des tufs crétacés.

L'âge de ces venues, tant acides que basiques, serait post-triasique dans l'hypothèse où je me place. La présence de dykes et même de laccolites doléritiques dans le Jurassique (dykes de l'Antetezambato près de Kandreho et de Binary; laccolite au nord de Dokolahy, etc.) et de dykes et de filons rhyolitiques dans les calcaires jurassiques (cuvette d'Antanandava) et jusqu'à la base du Crétacé (rhyolite de la Mahafoka, microganite de l'Ankiboboraka) permet de conclure à l'âge post-jurassique de la plupart de ces venues éruptives. L'existence d'une brèche éruptive contenant des blocs de toute taille de rhyolite, de trachyte et de basalte, située à la base du Crétacé, à l'ouest de Maromena (près Besalampy), indique que la première phase de volcanisme, à la fois acide et basique, a dû se produire au début du Crétacé moyen et peut-être en partie pendant la phase de pénéplanation qui correspond ici au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur. En même temps que des coulées volcaniques recouvraient le pays, de nombreuses intrusions injectaient les formations sous-jacentes. Ces phénomènes éruptifs semblent s'être prolongés pendant une longue période, surtout au sud du Ranobe.

Les relations d'âge entre les venues acides et basiques sont difficiles à établir. Il semble, d'une façon générale, que les microgranites, rhyolites, dolérites et gabbros sont à peu près contemporains, avec des alternances dans la nature des émissions magmatiques. C'est ainsi que de nombreux dykes présentent un filon doléritique entre deux salbandes de rhyolite, ce qui doit faire admettre la postériorité de la venue basique, alors qu'au nord d'Ambalarano un dyke de rhyolite traverse un laccolite doléritique attestant au contraire la postériorité de la venue acide.

On peut conclure de ces observations que la très grande majorité des formations éruptives de la région médiane du pays sakalave sont d'âge crétacé ; elles ont constitué des dykes et des sills dans le Trias, le Jurassique et même parfois le Crétacé inférieur et des coulées superficielles qui sont interstratifiées dans le Crétacé. Aucune manifestation volcanique tertiaire ou quaternaire ne semble exister dans la région étudiée : les volcans récents qui avaient été cités ne sont en effet que des laccolites de gabbro ou de dolérite, intrusifs dans le Trias et dénudés par l'érosion.

GÉOLOGIE. — *Sur l'allure d'ensemble et sur l'âge des plissements dans les montagnes du Bas-Aragon et du Maestrazgo (Espagne).* Note de MM. **P. Fallot** et **R. Bataller**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous avons montré (1) que le grand massif compris entre Montalban et les chaînons littoraux de la région de Castellon était constitué par des plis orientés NNO-SSE, sauf dans sa bordure nord, où, de Portalrubio à Castel de Cabra, la poussée orogénique dirigée du Sud au Nord a provoqué le chevauchement localisé du Secondaire sur le Tertiaire de la zone Vivel del Rio-Los Olmos.

I. *Contact du massif avec le Tertiaire du Bassin de Teruel.* — A l'ouest de l'anticlinal qui s'allonge de la Sierra de las Pedreras à Alcala de la Selva, les plis qui se succèdent vers l'OSO diminuent graduellement d'importance, principalement à leur extrémité SE. Entre Mora de Rubielos et Sarrion, où ils affectent le substratum jurassique et triasique du Crétacé, ils sont réduits à de faibles ondulations, en partie recouvertes par le Quaternaire.

Dans leur portion septentrionale, ces mêmes accidents sont mieux développés, entre Ababuj et Corbatan. A l'ouest de cette localité les plis marginaux du massif atteignent le bassin que les gisements de Concud et des Aljezares (plâtrières) de Teruel ont rendu célèbre. Ses dépôts, pontiens, sont en partie horizontaux, mais Dereims y a décrit de faibles plis, et nous y avons noté au nord-est des plâtrières des pendages SO de 15 à 20° et même de 45° à la ligne de Ojos Negros.

II. *Relations du massif crétacé avec le Bassin de l'Èbre au nord-est de Morella.* — Aux larges synclinaux, séparés par des anticlinaux étroits et droits, que nous avons décrits à l'ouest de Morella, succèdent des plis plus réguliers et serrés avec tendance au déversement vers le Bassin de l'Èbre. Dès le nord-est de Morella, on observe, toujours axés SSE-NNO, un anticlinal puis un synclinal asymétrique à noyau de conglomérats tertiaires, dont le plan axial pend à 45° à l'OSO. La Sierra de San Marcos et les autres montagnes qui, vers le NE, séparent ce synclinal de la Pobleta, montrent, dans un dessin d'ensemble anticlinal, une série de replis droits, serrés, pinçant deux bandes synclinales de conglomérats, peut-être tertiaires. Au sud-ouest de la Pobleta, le Crétacé inférieur et les conglomérats du « Tertiaire

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 275.

ancien » affectés par le plissement, supportent les assises transgressives horizontales du Bassin de l'Èbre. D'après l'allure des plis qui, sur une largeur de 80^{km} se succèdent entre Corbatan et la Pobleta, la poussée paraît avoir été dirigée vers l'ENE.

III. *L'âge des plis*. — A Montalban, Alcorisa, la Pobleta, Beceite, les dislocations sont postérieures au Tertiaire ancien et antérieures au Tertiaire récent.

D'après les travaux de M. Royo Gomez, les conglomérats, marnes et grès roux horizontaux, du bassin de l'Èbre constituant notre « Tertiaire récent » seraient tortoniens. Ici, leur âge, faute de fossiles, ne peut être précisé ni vérifié.

Quant au Tertiaire ancien plissé, nous n'y avons trouvé de fossiles qu'au nord du massif, savoir : 1° près de Montalban, *Cyclostoma Cadurcensis* Noul. ; 2° à l'est de Montalban, dans un anticlinal de calcaires lacustres intercalés dans les conglomérats (Rio de Escucha), *Hydrobia Dubuissoni* Bouillet, et 3° dans les gypses paraissant pincés sous les plis déversés du nord d'Utrillas, *Cainotherium commune* Brav. Toutes ces formes appartiennent au Stampien moyen et supérieur. *Post-oligocènes et peut-être antétortoniens, les plissements principaux sont donc ici d'âge alpin et non pyrénéen.*

IV. *Conclusions*. — Les montagnes comprises entre Tortosa, Montalban et Castellon-de-la-Plana nous offrent deux systèmes de plis. L'un, littoral, d'orientation SW-NE, continue vers le Sud-Ouest le large dispositif anticlinal connu dans le sud de la province de Tarragone. La poussée y est dirigée vers le Nord-Ouest, vers le bassin de l'Èbre, en ce qui concerne la partie septentrionale des plis. L'autre système, sur le prolongement des accidents de la bordure est de la Meseta, est formé de plis orientés NNW-SSE poussés vers l'ENE, qui abordent aussi le bassin de l'Èbre, mais dans sa partie sud-ouest.

Dans les deux systèmes, les dislocations ont l'allure de « plissements de couverture » dont le décollement de base paraît correspondre au Trias, et dont l'intensité maxima s'est manifestée aux abords du bassin de l'Èbre. Mais, si, localement, des déversements ou chevauchements limités s'observent sur la bordure externe de l'un ou l'autre système de plis, nulle part, à notre connaissance, la poussée n'a donné lieu à de vrais charriages. A l'effort principal, d'âge alpin, ont fait suite jusqu'après le Pontien des plissements attardés, sensibles vers Teruel à l'arrière de plis NW-SE, et, peut-

être, si l'attribution au Pontien des couches inclinées de Vinroma décrites par M. Royo Gomez ([1]) se vérifie à l'arrière des plis littoraux.

Les dislocations de la bordure sud du synclinal tertiaire de Montalban et celles du massif d'Alcorisa-Calanda témoignent seules d'une poussée dirigée du Sud au Nord, qui paraît avoir réalisé, dans cette direction, un maximum de puissance, surtout sensible entre Utrillas et Castel de Cabra, comme si cette poussée était en intensité et en direction la résultante des deux autres efforts, qui, au moins dans leur phase principale, apparaîtront peut-être, une fois exactement datés, en bordure du bassin de l'Èbre, comme simultanés.

GÉOLOGIE. — *Quelques résultats géologiques de la mission transsaharienne du colonel Courtot* (1925). Note de MM. **L. Lavauden** et **M. Solignac**, présentée par M. Pierre Termier.

La mission Courtot, organisée sous le haut patronage de M. Lucien Saint, résident général de France à Tunis, a traversé, en 1925, l'Afrique depuis la petite Syrte jusqu'au golfe du Bénin en passant par le Tchad. L'un de nous, membre de cette mission, a pu procéder, le long de l'itinéraire, à des observations géologiques et à des prélèvements d'échantillons. Nous examinerons dans cette Note quelques-uns des résultats obtenus sur le parcours compris entre le bord méridional du plateau de Tinghert et la lisière méridionale du Tassili des Ajjer, le long d'un itinéraire qui est, à peu de chose près, celui qu'avait suivi Duveyrier en 1861.

Au voisinage d'Ohanet, soit à 225^{km} dans l'ENE de Fort Flatters, vers le point où l'oued Ohanet décrit un coude accentué pour pénétrer dans les falaises du plateau de Tinghert (carte du Sahara au $\frac{1}{1\,000\,000}$ par le Service géographique de l'Armée, feuille *Rhadamès*) une importante série d'Ammonites a été recueillie. Ces Céphalopodes appartiennent principalement au Turonien inférieur (*Pseudotissotia Gallienei* d'Orb., *Pseudotissotia* cf *Ganiveti* Coq., *Thomasites Rollandi* Thom. et Perv., *Thomasites Rollandi* Thom. et Perv. var. *Globosa* Perv., *Vascoceras polymorphum* Perv., *Neopty-*

([1]) J. Royo Gomez, *El Mioceno continental iberico y su fauna malacologica*, (*Comisión de investigaciones paleontológicas y prehistóricas*, Mém. 30, p. 61, pl. IX, f. 2, Madrid, 1922).

chites cephalotus Courtiller, *Prionotropis* sp.) et au Sénonien inférieur (*Tissotia Tissoti* Bayle, *Tissotia Tissoti* Bayle var. *Sommamensis* Perv.).

Jusqu'à ce jour, le Turonien à Céphalopodes n'était connu du Sahara qu'aux environs d'El Goléa où il avait été découvert par Rolland. Les Ammonites, probablement turoniennes, rapportées par Foureau du plateau de Tinghert et mentionnées dans une de ses coupes [1] n'ont jamais été déterminées à cause de leur état défectueux. La faune que nous venons de signaler et qui est tout à fait comparable à celle du Turonien bathyal de la Tunisie centrale constitue donc un fait nouveau indiquant que la bordure septentrionale actuelle du Djoua après avoir été recouverte par les formations cénomaniennes à caractère néritique signalées par Foureau, a fait partie, à la période suivante, d'une fosse habitée par les mêmes espèces qui vivaient dans le géosynclinal de la Tunisie centrale. Ce caractère bathyal s'est maintenu pendant la durée du Coniacien ainsi qu'en témoignent les nombreuses *Tissotia Tissoti* recueillies à Ohanet; la faune de cet étage présente aussi de grandes analogies avec celle du Coniacien de la Tunisie centrale et de la région des Pyramides d'Égypte. Nous savons enfin, depuis les récoltes de fossiles faites à Fort Flatters, en 1858, par Ismael Bou Derba, qu'au Campanien et au Maëstrichtien, la mer qui recouvrait la région sud du plateau de Tinghert avait repris un caractère néritique. L'emplacement de la dépression actuelle du Djoua a donc été, au méso- et au néocrétacé, le siège d'une série d'oscillations de l'axe d'un petit géosynclinal secondaire, en voie de migration vers le Nord.

A partir d'un point situé à 120^{km} au nord de Fort Polignac, la mission a recoupé, jusqu'aux abords de ce poste, la bande de terrains carbonifères de l'Erg d'Issaouan, signalée par Foureau (p. 574). Trois points fossilifères ont été rencontrés au sud du massif de l'Eg'élét (carte du Sahara algérien au $\frac{1}{1\,000\,000}$ feuille R'ât), entre cette montagne et le cours de l'oued Tarat :

1° Sur la Hammada, à 120^{km} au nord de Fort Polignac, on trouve des calcaires noirs à entroques, disposés en plaquettes et renfermant *Poteriocrinus* cf. *P. crassus* Miller, *Bellerophon* sp., *Orthoceras* sp., puis des calcaires schisteux, blanchâtres, en plaquettes, renfermant une Ammonoïdée très voisine de *Metacoceras cornutum* Geity, *Bellerophon hiulcus* Martin, *Sphærodoma primigenia* Conrad, *Poteriocrinus* cf. *P. crassus* Miller, et enfin une lumachelle constituée par un calcaire blanchâtre subcristallin englobant de nombreux moules internes de *Bellerophon* sp. et de Gastéropodes turriculés, des Orthocères écrasés et quelques valves mal conservées d'Aviculo-

---

(1) F. Foureau, *Documents scientifiques de la mission saharienne* (*Mission Foureau-Lamy*), 2, Paris, 1905, p. 564, fig. 130.

pecten sp. Cette faune, dont plusieurs espèces se retrouvent dans le Pennsylvanien inférieur des États-Unis (Wewoka formation), appartient au Moscovien;

2° Dans le Reg blanc, entre les oueds Tadjentout Tan Rokoub et Tadjentout Tan Roulay, au sud du Tidjed Kanen et à 100^{km} au nord de Fort Polignac, on trouve dans des formations analogues des polypiers du groupe de *Zaphrentis* cf. *patula* Mich., associés à d'abondants articles de Crinoïdes appartenant à *Poteriocrinus* cf. *crassus* Miller;

3° Enfin, dans la montagne même de Tan Roulay, en remontant l'oued Tadjentout Tan Roulay vers l'Est, des calcaires blanchâtres renfermant de grandes quantités de *Productus Cora* d'Orb., espèce des plus caractéristiques de l'Ouralien d'Europe.

Les faunules carbonifériennes ci-dessus confirment l'opinion émise par M. Haug sur l'âge exclusivement moscovien et ouralien du Carbonifère du Sahara central, ce qui exclut la possibilité de rencontrer des couches de houille dans cette région. De plus les affleurements carbonifériens qui viennent d'être décrits relient le Carboniférien de l'Erg d'Issaouan découvert par Foureau avec celui découvert par Overweg entre Mourzouk et R'ât.

La mission a également reconnu l'extension des grès éodévoniens bien connus dans le massif traversé par l'oued Imihrou. Elle a observé l'existence d'un ancien cratère volcanique dans la cuvette de Dider (coulées de laves, ponces, etc.). La bordure septentrionale de l'Erg d'Admer, depuis Edjedanin jusqu'au massif de Tiska en passant par Djanet, est constituée par des roches éruptives et des lignes de volcans dont les cônes sont généralement figurés sur la carte au $\frac{1}{1000000}$ de R'ât et sur le rectificatif à la même échelle de cette feuille, publié en 1924 par le Service géographique de l'Armée (Ag'elaho, Ti-n-Amali, Tassek, etc.). Le contact des grès éodévoniens transgressifs sur les formations cristallines a été observé à Djanet (rive droite de l'oued Djanet) et sur la rive droite de l'oued Amais au nord de Tiska.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique hercynienne des Maures.* Note de M. A. **Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

Marcel Bertrand a distingué dans le Cristallophyllien des Maures quatre termes, gneiss de Saint-Tropez à la base, micaschistes inférieurs, gneiss de Bormes et de la Verne, micaschistes supérieurs, et semble admettre la continuité et la succession normale des strates dans cette série. D'autre part, il a montré que le massif avait subi le contre-coup du mouvement

pyrénéo-provençal. Des lambeaux de Permien jalonnent entre Pierrefeu et Collobrières une ligne de contact anormal Ouest-Est, qui est certainement tertiaire. La déviation des lignes d'affleurement du Cristallophyllien permet, suivant Marcel Bertrand, de prolonger cette ligne plus à l'Est et met en évidence deux autres lignes parallèles. Bien que le mot n'ait pas été employé par Marcel Bertrand, *on doit donc distinguer dans les Maures au moins trois écailles* qui se chevauchent et chevauchent au nord le Permien de la vallée de l'Aille; j'ai observé sur deux points ces contacts anormaux tertiaires. L'agitation des strates est bien nette, mais étroitement localisée; je n'y ai point vu de roche écrasée. En étudiant séparément chaque écaille, il semble possible de faire abstraction du mouvement pyrénéen et de définir la tectonique hercynienne des Maures. Des recherches récentes m'ont apporté dans ce sens des faits décisifs.

Les gneiss de Bormes, dont la puissance dépasse souvent 500^{m}, supportent les micaschistes supérieurs et reposent sur plus de 2000^{m} de micaschistes inférieurs. L'examen de la série gneissique permet d'éliminer l'hypothèse d'une simple variation pétrographique. A partir du sommet, on passe à des gneiss de plus en plus compacts. Au milieu, ou près de la base, les gneiss œillés à gros feldspaths, qui forment en général la base du Cristallophyllien près du granite, tiennent une place prépondérante dans chacune des trois écailles. Près de la Chartreuse de la Verne, dans la deuxième écaille, l'aspect est tout à fait granitoïde. Et sous ces gneiss œillés ou granitoïdes, apparaissent souvent brusquement, parfois par passage continu, des micaschistes très fissiles ou même des schistes sériciteux. *L'attribution des gneiss à un anticlinal isoclinal hercynien qui chevaucherait les micaschistes inférieurs* semble ainsi à peu près évidente.

La découverte de zones laminées confirme et précise cette nouvelle interprétation. Tandis que les micaschistes supérieurs et inférieurs sont redressés mais en général parfaitement tranquilles, la série gneissique montre presque partout des traces de laminage, feldspaths déformés et même passages mylonitiques. *Dans la troisième écaille, en particulier, le laminage est intense* depuis Notre-Dame de Bormes jusqu'au sud de Bormes sur 1500^{m} de traversée. Les gneiss sont bouleversés et l'on recoupe *quatre larges affleurements de mylonite franche*, dont un au contact d'une lame intercalaire de micaschistes.

D'autre part, en suivant vers l'Est la corniche des Maures, à partir d'Aiguebelle, on observe sous les gneiss de Bormes, des micaschistes probablement renversés, puis un écrasement de 50^{m} de puissance, *avec un passage continu de plus de 12^{m} d'une bouillie mylonitique verdâtre type*

Montrambert, enfin des micaschistes tranquilles à pendage moins élevé. On touche vraisemblablement là le contact de base du complexe tectonique qui comprend les gneiss de Bormes. J'ai suivi ce contact en direction sur 5^{km}. Il est jalonné par des affleurements de mylonite près de la cote 161 et près de la ferme de Cavalière. Il ne s'agit donc pas d'un accident transversal, d'une zone d'effondrement. *La direction est hercynienne et non pas pyrénéenne.*

On observe en outre dans les micaschistes inférieurs exactement *au nord du cap Nègre, un deuxième écrasement*, large de plus de 100^m, avec 40^m de mylonite franche continue, qui correspond sans doute à une surface de poussée importante.

Enfin il existe dans la première écaille, près de Grimaud, un écrasement plus puissant encore. *La route de Grimaud à la Garde-Freinet traverse une masse continue de plus de* 100^m *d'une magnifique mylonite.* Cet écrasement que j'ai suivi vers le Nord sur environ 1^{km} et qui sépare des termes pétrographiques distincts, micaschistes inférieurs et gneiss de Saint-Tropez, correspond peut-être, malgré le redressement des strates, à un véritable charriage. Quoi qu'il en soit, *la poussée et l'écrasement sont antéstéphaniens.* En effet, dans le lambeau de poudingue houiller au nord de Grimaud, qui est certainement stéphanien comme le Houiller voisin du Plan-de-la-Tour, j'ai découvert *un galet de mylonite indiscutable.*

En résumé, le mouvement pyrénéo-provençal, qui a détaché dans les Maures un système d'écailles, ne masque pas la tectonique hercynienne. Les gneiss de Bormes et de la Verne laminés, parfois écrasés, sont le noyau d'un anticlinal complexe poussé sur les micaschistes inférieurs, de l'ONO vers l'ESE. De puissants amas de mylonite ont été observés à la base de cet ensemble, puis au milieu des micaschistes inférieurs, enfin à leur base, au contact des gneiss de Saint-Tropez. Ils témoignent de l'existence de surfaces de poussée et peut-être de véritables nappes, dont l'âge antéstéphanien est démontré.

HYDROLOGIE. — *Analyse chimique de l'eau de Capvern.*
Note de M. **Ch. Lormand**, présentée par M. G. Urbain

La station hydrominérale de Capvern, située dans le département des Hautes-Pyrénées, possède un établissement thermal alimenté par la source Hount Caoute.

La station de Capvern, au point de vue hydro-géologique, est considérée

par M. Pierre Urbain comme appartenant à la zone des nappes nord-pyrénéennes [1]. Les eaux de Capvern, d'origine triasique, sont des eaux sulfatées calciques dont la minéralisation est presque exclusivement due au sulfate de calcium, la teneur en chlore et en métaux alcalins étant extrêmement faible.

L'analyse nous a donné les chiffres suivants :

Température de l'eau au moment du prélèvement	23°,8
Température de l'air	7°
Résistivité	496,5
Point cryoscopique	— 0°,30
Alcalinité	pH — 8
Radioactivité (en millimicrocuries par litre)	0,405
Radium dissous	$10^{-12} \times 17,7$
Résidu à 100°	1,9685
Résidu au rouge sombre	1,5406
Éléments électropositifs.	
Potassium K	0,00209
Sodium Na	0,00983
Lithium Li	0,00003
Ammonium NH^4	0
Magnésium Mg	0,09325
Calcium Ca	0,35460
Strontium Sr (par spectrographie)	traces
Baryum Ba (par spectrographie)	0
Radium Rd	$10^{-12} \times 17,7$
Aluminium Al	0
Fer Fe	0,00081
Manganèse Mn	0,000004
Cuivre Cu	traces
Éléments électronégatifs.	
Chlore Cl	0,00497
Brôme Br	traces
Iode I	0
Fluor F	0
Soufre (anhydride sulfurique SO^3)	0,86791
Soufre (hydrogène sulfuré H^2S)	0
Phosphore (anhydride phosphorique P^2O^5)	0
Bore Bo	0
Silicium (silice SiO^2)	0,01052

(1) P. Urbain, *Annales de l'Institut d'Hydrologie et Climatologie*, 2, 1924, p. 267.

Carbone (anhydride carbonique CO^2)	0,0683o
Arsenic As	0
Azote ammoniacal NH^3	0
Azote albuminoïde NH^3	0
Azote nitreux NO^2H	0
Azote nitrique NO^3H	0,00130
Hororadioactivité, en microcuries	29,3625
Puissance radioactive (en milligrammes de radium)	3,91

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le volcanisme sous-marin abyssal.* Note de M. J. THOULET.

Les listes de températures *in situ* θ et de densité *in situ* σ_θ établies par le professeur J.-Y. Buchanan pendant la campagne autour du monde du *Challenger*, convenablement interprétées, élucident de nombreux phénomènes relatifs au volcanisme sous-marin abyssal. Il y a toutefois lieu de les compléter en calculant pour chaque station la densité normale σ_0 et la salure $\sigma_0 - 1$ correspondant à chaque σ_θ; on trace ensuite le diagramme de chaque sondage densimétrique, qui fournit graphiquement la correspondance mutuelle des trois coordonnées θ, σ_θ et σ_0; on calcule des moyennes à l'aide d'un procédé planimétrique lorsqu'il s'agit d'une fraction de courbe. Enfin on groupe les sondages selon la donnée particulière qu'on désire examiner et, grâce à des moyennes comparables entre elles, on obtient souvent la réponse des faits à une question préalablement posée. La méthode appliquée aux quatre demi-océans Atlantique Nord et Sud, Pacifique Nord et Sud permet, malgré le nombre relativement restreint des documents, de formuler les conclusions suivantes qui sont tout au moins une première approximation de la vérité.

J'ai d'abord calculé, couche à couche, les moyennes des températures θ, des σ_θ et des σ_0 dans les quatre demi-océans, depuis la surface jusqu'au fond, ce qui a donné pour la masse totale des eaux de chacun d'eux :

Pacifique (entier)	$\theta = 9^\circ,4$	$\sigma_\theta = 1,02658$	$\sigma_0 = 1,0277$
Atlantique Nord	14,3	1,02700	1,0291
Atlantique Sud	8,1	1,02700	1,0281

Le Pacifique, ayant le plus faible σ_θ, possède un niveau plus élevé que l'Atlantique et par conséquent ses eaux, tendant à s'équilibrer, doivent se déverser dans ce dernier océan.

Les eaux de l'Atlantique Nord et celles de l'Atlantique Sud sont au même niveau puisqu'elles ont le même σ_θ.

Le Pacifique est le moins salé et l'Atlantique Nord le plus salé des océans; l'Atlantique Sud présente une salure intermédiaire. On se demande si la salure de l'Océan en général ne serait pas continuellement augmentée par l'apport en sels et en gaz liquéfiés de ses volcans abyssaux.

A l'exception d'une couche superficielle, épaisse de 100 brasses, de ses eaux, l'océan Atlantique Nord, à profondeur égale, est de beaucoup le plus chaud de tous les océans; le Pacifique est moyennement chaud et l'Atlantique Sud le moins chaud.

En se rappelant les étroites relations entre l'existence et l'activité d'un volcan abyssal et d'autre part la densité *in situ* et la salure des eaux avoisinantes, on constate que l'irrégularité de la distribution des caractéristiques volcaniques, ainsi que la prééminence de telle ou telle d'entre elles parmi les nombreuses localités volcaniques du fond de la mer, sont comparables à celles observées parmi les volcans subaériens. En d'autres termes les volcans sous-marins manifestent entre eux, dans le degré et les conditions de leur activité (nature de leurs émanations, molettes plus ou moins chaudes, acides ou alcalines, dégagements de gaz ou de vapeur d'eau, etc.), les mêmes variétés que celles qui existent parmi les divers volcans subaériens.

Les principales localités volcaniques abyssales situées sur le trajet suivi par le *Challenger* sont les suivantes :

Atlantique Nord. Archipels des Açores et des Canaries; ligne joignant les Açores à l'île Saint-Thomas; sud des Bermudes. La température des eaux du fond varie entre 2°,3 et 2°,8 et la densité normale σ_0 entre 1,0297 et 1,0300.

Atlantique Sud. Le seul évent volcanique rencontré est dans le sud-est de Bahia, avec $\theta = 1°,5$ et $\sigma_0 = 1,0294$ au sol ; volcanicite par conséquent moins active.

Pacifique Sud. Dans l'ouest du détroit de Cook (Nouvelle-Zélande), au fond, $\theta = 10°,4$ et $\sigma_0 = 1,0290$. Iles de l'Amirauté ($\theta = 1°,9$; $\sigma_0 = 1,0280$). Sud de Taïti ($\theta = 1°,7$; $\sigma_0 = 1,0280$).

Pacifique Nord. Parages du Japon; au Nord et au Sud dans le voisinage immédiat des îles Hawaï; au fond ($\theta = 1°,4$-$1°,7$; $\sigma_0 = 1,0280$).

PALÉOBOTANIQUE. — *La morphologie générale des* Ulodendron. Note (¹) de **M. A. Renier**, présentée par M. Charles Barrois.

D'après B. Renault et R. Zeiller, le genre *Ulodendron* Lindley et Hutton 1831 est représenté par des tiges ou de gros rameaux couverts de cicatrices rhomboïdales contiguës — correspondant à des feuilles linéaires, carénées, uninerviées, longuement persistantes — et ornées, en outre, de deux files, diamétralement opposées, de grandes dépressions — dites cicatrices ulodendroïdes — subcentralement ombiliquées à contour circulaire ou elliptique, contiguës ou plus ou moins distantes dans une même file et alternant d'une file à l'autre.

Des cicatrices ulodendroïdes de constitution analogue se rencontrant chez de vrais *Bothrodendron*, voire *Lepidophloios* et même *Lepidodendron*, ce trait morphologique est logiquement considéré comme de nulle valeur pour la Systématique. Il est d'ailleurs hors conteste que, chez les *Bothrodendron*, les cicatrices ulodendroïdes résultent de la chute de rameaux éphémères; tel est très vraisemblablement aussi le cas chez les *Ulodendron*.

Les relations des feuilles avec l'écorce sont, toutefois, nettement différentes chez les *Ulodendron* de ce qu'elles sont chez les *Lepidophloios* et *Lepidodendron* : il n'y existe qu'une ébauche de cicatrice foliaire proprement dite et qui ne montre ni, en son intérieur, de cicatricules ni, au-dessus, de trace ligulaire. L'autonomie du genre *Ulodendron* est donc évidente, bien qu'elle soit niée par de nombreux paléobotanistes anglais et allemands.

Si une démonstration décisive de cette autonomie se trouve être très difficile, c'est que le nombre d'authentiques échantillons d'*Ulodendron* est, à ce jour, encore très petit. On exige, en effet, pour les considérer comme tels, que la diagnose soit complètement satisfaite, jusques et y compris l'existence de cicatrices ulodendroïdes. Or l'expérience acquise au sujet des genres *Bothrodendron*, *Lepidophloios* et *Lepidodendron* permet d'affirmer qu'on n'en rencontre pas plus d'un exemplaire avec cicatrices ulodendroïdes parmi cent mille, pis : un million d'échantillons de rameaux de tous calibres. D'où cette déduction que, dans les collections paléontologiques, à côté des troncs et gros rameaux à cicatrices ulodendroïdes d'*Ulodendron*, existe, selon toute vraisemblance, une foule de

(¹) Séance du 2 février 1926.

petits rameaux. Mais le fait est que, jusqu'à ce jour, on ne les a pas identifiés comme tels.

Examinant récemment aux Charbonnages de Beeringen (Campine belge) le toit de la veinette n° 77, située vers la base de l'assise de Charleroi, j'y ai recueilli, le gîte étant sensiblement autochtone, une série de rameaux de toutes tailles d'une lycopodinée, qui présente tous les caractères foliaires des *Ulodendron*. Cette forme se trouve, d'autre part, n'être autre que *Lepidodendron ophiurus* Brongniart 1821.

Il faut, tout d'abord, remarquer que *L. ophiurus*, tout comme *L. lycopodioides*, *L. Wortheni*, *L. belgicum* et diverses formes westphaliennes, dinantiennes ou dévoniennes, se sépare nettement des espèces possédant une cicatrice foliaire bien distincte et ornée intérieurement de trois cicatricules, tels *Lepidodendron dichotomum*, *L. obovatum*, *L. rimosum*, *L. Veltheimi*, *L. Haidingeri*, etc. La confrontation des descriptions publiées et l'examen des échantillons l'établissent nettement.

La difficulté d'identification de *L. ophiurus* avec les *Ulodendron* provient de ce qu'il existe ordinairement un dimorphisme des coussinets foliaires entre les troncs et rameaux avec cicatrices ulodendroïdes et ceux qui n'en portent pas. J'ai jadis signalé que, chez le type des *Bothrodendron*, les cuticules des troncs ulodendroïdes sont de la forme *B. punctatum*, celles des rameaux y attachés de la forme *B. minutifolium*. Semblablement chez les *Ulodendron* des gisements westphaliens de la Belgique et du nord de la France (*U. majus*, *U. minus*, *U. Montagnei*), les coussinets foliaires sont typiquement aussi larges que hauts, alors que, chez *L. ophiurus*, ils sont plus hauts que larges. La série d'échantillons de Beeringen montre que l'accroissement se faisant surtout en diamètre, les coussinets de *L. ophiurus* deviennent finalement isodiamétraux (*L. dilatatum* Lindley et Hutton). D'ailleurs, sur un jeune rameau ulodendroïde étiqueté *U. minus*, provenant de Waltersdorf (Silésie) et conservé dans les collections paléobotaniques de l'Université de Liége, les coussinets foliaires, plus hauts que larges et à carène ridée transversalement, sont identiques à celles de *L. ophiurus*.

Du coup, le genre *Ulodendron* se trouve bien connu, car *U. ophiurus* est non seulement représenté par ses rameaux à feuilles persistantes et à divisions dichotomiques répétées, mais encore par son strobile, *Lepidostrobus squarrosus* Kidston, d'un port si spécial que R. Kidston fut un instant porté à le considérer comme *Sigillariostrobus*. D'après un échantillon de Beeringen, les bractées n'y sont pas disposées en spirales, mais sont groupées par six ou huit à intervalles réguliers en des façons de verticilles, dis-

tants les uns des autres d'un peu plus que le diamètre de l'axe. Dans les bractées les plus inférieures, de grosses macrospores sont visibles.

Encore qu'elle doive être précisée à divers égards, l'organisation si particulière de ces strobiles — auxquels il conviendra de réserver le nom d'*Ulodendrostrobus* — est l'argument le plus décisif en faveur de l'autonomie du genre *Ulodendron*, défendue par B. Renault et R. Zeiller sur la seule considération du coussinet foliaire.

Ce genre, d'ailleurs tout différent des Éligulées : *Cyclostigma* (*Pinakodendron*), *Omphalophloios* et *Asolanus*, paraît occuper une place à part parmi les Lycopodinées fossiles. Sans doute, son indépendance s'affirmera-t-elle plus nettement encore lorsque auront été précisées les analogies et les différences spécifiques d'*Ulodendron ophiurus* d'avec les *Ulodendron* déjà décrits et aussi d'avec diverses formes analogues, rattachées jusqu'ici, mais à tort, aux *Lepidodendron*, et dont certaines ne sont que des cas de conservation d'*U. ophiurus*.

AGRONOMIE. — *Action fertilisante comparée des différentes formes d'azote existant dans les nouveaux engrais azotés uréiques, dérivés de la cyanamide.* Note de MM. **Ch. Brioux** et **J. Pien**, présentée par M. G. André.

La cyanamide calcique sert actuellement à préparer de nouveaux engrais azotés (uréine) ou phospho-azotés (phosphazote) (1), dans lesquels l'azote existe principalement sous forme d'urée et d'ammoniaque, avec une proportion plus ou moins forte de sulfate de guanylurée, et parfois de dicyandiamide.

Divers auteurs ont déjà étudié la transformation de la cyanamide, de la dicyandiamide et de la guanylurée dans le sol; en 1919, notamment, Mazé et Lemoigne (2) ont montré que la cyanamide est rapidement transformée en urée par les microbes du sol; plus récemment, Jacob, Allison et Braham (3) trouvèrent que la dicyandiamide ne disparaît que lentement dans le sol, tout en retardant notablement, même à faible dose, la nitrification de l'ammoniaque et des matières organiques. Le sulfate de guanyl-

(1) A. Cochet, IIIe *Congrès de Chimie industrielle* (*Chimie et Industrie*, numéro spécial, mai 1924, p. 394).

(2) Mazé et Lemoigne, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 921.

(3) K.-D. Jacob, Allison et Braham, *Journal of Agricultural Research*, **28**, 1924, f. 1, p. 37 à 69.

urée ne se décompose lui-même que très lentement en ammoniaque et retarde également la nitrification de l'azote du sol, mais à un degré un peu moindre.

Nous avons trouvé des résultats analogues : des lots de 400g de terre de limon des plateaux, additionnés de 0g,33 d'azote sous formes diverses et placés à l'étuve à 28°, nous ont donné après 50 jours :

	Azote nitrique par kilogramme.
	g
Terre témoin sans azote	0,071
Terre avec sulfate d'ammoniaque	0,257
Terre avec sulfate de guanylurée	0,065
Terre avec dicyandiamide	0,006

D'autre part, il nous a paru utile de comparer l'action fertilisante de la cyanamide, du sulfate de guanylurée et de la dicyandiamide, à celle du nitrate de soude et du sulfate d'ammoniaque. Nous avons organisé deux séries d'essais culturaux, sur maïs et moutarde blanche, comprenant chaque fois quatre pots.

Chaque pot, contenant 6kg,5 d'une terre sableuse pauvre, reçut 5g de craie pulvérisée pour saturer l'acidité du sol, 0g,5 d'acide phosphorique sous forme de superphosphate, 0g,75 de potasse sous forme de sulfate, et, de plus, 0g,5 d'azote sous forme des divers composés azotés à comparer, sauf pour les pots témoins sans azote.

Le phosphazote étudié, de fabrication déjà ancienne, contenait 25 pour 100 de son azote total sous forme de guanylurée.

En cours de végétation, les pots furent maintenus à un taux d'humidité uniforme par des arrosages journaliers à l'eau de pluie. Voici les résultats moyens obtenus pour chaque série d'essais (4 pots contenant, au total, 2g d'azote pour chaque forme).

	Matière sèche totale produite.	Azote total absorbé.	Azote — Excédent sur les témoins.	Azote — Pour 100 de l'azote introduit.
	g	g	g	
Témoins sans azote	30,70	0,288	»	»
Avec nitrate de soude	118,90	1,694	1,406	70,3
Avec sulfate d'ammoniaque	130,00	1,648	1,360	68,0
Avec cyanamide libre	106,20	1,580	1,292	64,6
Avec urée	110,20	1,550	1,262	63,1
Avec phosphate et nitrate d'urée	121,80	1,568	1,280	64,0
Avec sulfate de guanylurée	29,75	0,552	0,264	13,2
Avec dicyandiamide	22,00	0,408	0,120	6,0
Avec phosphazote	93,75	1,206	0,918	45,9

C'est le nitrate de soude qui l'emporte pour la proportion d'azote absorbé, et le sulfate d'ammoniaque pour la quantité de matière sèche produite. Comme pour nos essais de 1924 (1), l'urée fait montre d'une valeur fertilisante légèrement moindre que celle du nitrate de soude, avec un certain retard de la végétation; les sels d'urée paraissent un peu plus actifs que l'urée libre.

La cyanamide libre, surtout avec la moutarde blanche, produisit des plantes de taille un peu réduite, trapues, et plus riches en azote que les autres.

Le sulfate de guanylurée, à la dose utilisée, est pratiquement inactif; la dicyandiamide fut nettement toxique pour la moutarde blanche qui ne put se développer, tandis que le maïs résista, mais resta très chétif. L'un de nous avait déjà mis en évidence, en 1910, l'action nocive de la dicyandiamide (2).

Le phosphazote produisit moins que l'urée, avec utilisation relativement faible de son azote; ce qui tient vraisemblablement à la forte proportion de sulfate de guanylurée qu'il contenait.

La conséquence pratique de ces essais est qu'il faut s'efforcer, dans la fabrication des nouveaux engrais azotés uréiques, d'empêcher la formation de dicyandiamide, et de réduire au minimum celle de guanylurée. L'industrie obtient d'ailleurs actuellement des phosphazotes qui ne renferment plus que 10 à 11 pour 100 de leur azote sous forme guanylique, et elle espère encore réduire cette proportion.

Nous comptons poursuivre nos essais cette année, en utilisant des doses d'azote purement culturales.

PHYSIOLOGIE. — *Isolement d'une substance anticoagulante non phosphorée extrêmement active, par l'autolyse prolongée des organes et l'alcool acide.* Note de MM. **Doyon** et **I. Vial**, présentée par M. Roux.

1° Nous avons isolé des tissus une substance anticoagulante non phosphorée, capable, à la dose de 1^g, *in vitro*, d'empêcher totalement la coagulation de plus de 3^l de sang et de retarder sensiblement la coagulation de 10^l de ce liquide.

2° La méthode est très simple. Il suffit de soumettre les tissus pendant

(1) Ch. Brioux, *Annales de la Science agronomique*, 42e année, n° 2, 1925, p. 115.

(2) Ch. Brioux, *Ibid.*, 1, 1910, p. 241.

un temps prolongé à l'autolyse, à l'étuve, en présence de chloroforme, puis de précipiter le filtrat par l'alcool à 95°.

Exemple. On établit un mélange avec les proportions suivantes : Intestin lavé et broyé de cheval, 1^{kg}; solution de chlorure de sodium à 5 pour 1000, 2^{l}; chloroforme, 150 à 200^{cm^3}. On abandonne le mélange à l'étuve pendant 3 à 4 mois dans des bonbonnes bien bouchées. Au moment voulu, on prélève le liquide d'autolyse, qui est neutre. 15 à 20^{l} de filtrat sont additionnés d'un volume égal d'alcool à 95°. Il se forme un précipité tenant 7 à 8 pour 100 de phosphore. Ce précipité est centrifugé avec soin, repris par 1 à $2^{l},5$ d'eau distillée chaude. On chauffe au bain-marie bouillant, dans un ballon, pendant 1 heure au moins.

Il se forme un abondant précipité de phosphatides et corps divers. Le liquide est filtré à plusieurs reprises sur le même papier jusqu'à ce qu'il soit limpide et clair. On ajoute alors un égal volume d'alcool à 95°. Si un précipité se forme, on recommence l'opération précédente pour compléter la précipitation des impuretés. Si aucun précipité ne se forme, on ajoute au filtrat, déjà additionné d'un volume d'alcool, deux autres volumes d'alcool contenant un à deux pour cent d'acide acétique ou d'acide chlorhydrique. On précipite ainsi le corps actif, qui est lavé à l'alcool à la centrifuge jusqu'à ce que l'alcool de lavage soit neutre au tournesol, puis à l'éther, enfin mis à sécher sous la cloche à vide. Rendement : $1^{g},5$ à 2^{g}.

Le corps obtenu est acide, peu soluble dans l'eau distillée, totalement soluble dans les solutions alcalines, d'où le reprécipite l'alcool acide. Il ne contient pas de phosphore, mais il est azoté. Il ne réduit pas directement la liqueur de Fehling.

3° Dès 1911, l'un de nous, avec A. Morel et Policard, a isolé des organes des composés nucléiques, actifs, *in vitro*, sur le sang. La substance nouvelle que nous avons obtenue provient peut-être des composés nucléiques (nucléines, acides nucléiques) dont elle ne serait qu'un terme de démolition. Nos recherches actuelles sont guidées par cette hypothèse.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la nature des aliments ternaires sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance.* Note de M. **Émile F. Terroine** et M^lle **Anne-Marie Mendler**, présentée par M. Henneguy.

Les anciennes recherches de Voit et Korkunow, de Rubner, celles, plus récentes, de Luthje, Cathcart, Umeda, et tout particulièrement les belles études de Thomas, fixant les conditions qui permettent d'atteindre la valeur réelle du besoin azoté minimum, établissent toutes que le besoin azoté peut être couvert par des quantités plus faibles d'albumine quand la ration con-

tient comme aliments ternaires des hydrates de carbone, au moins à un certain taux, que lorsqu'elle renferme uniquement des matières grasses.

Pour Kocher, ce fait indique que les chaînes résultant de la dégradation partielle des sucres sont plus aptes à la reconstruction des protéiques que celles provenant des graisses. Il tente d'établir le bien-fondé de cette hypothèse en montrant que, dans une ration, l'acide lactique peut permettre une économie de la dépense azotée de même ordre qu'une quantité correspondante de glucose. Une telle constatation ne constitue point la preuve cherchée. Elle montre simplement que l'acide lactique se comporte comme le glucose, phénomène bien compréhensible, l'acide lactique étant très vraisemblablement un stade obligatoire de l'utilisation des sucres.

L'étude de la rétention azotée au cours de la croissance nous a paru susceptible d'apporter d'intéressants éléments de discussion à cette question. Si, en effet, la supériorité des hydrates de carbone sur les graisses, quant à la grandeur du besoin minimum d'azote chez l'adulte, tient à une reconstitution plus facile aux dépens des premières de la très petite quantité des protéiques détruites, cette supériorité devra s'exagérer lors de l'édification de quantités importantes de protéiques au cours de la croissance. A l'ingestion d'une même quantité d'une même matière albuminoïde l'organisme devra répondre par une fixation d'azote très différente suivant que la portion ternaire de la ration sera constituée tantôt par des graisses et tantôt par des hydrates de carbone et beaucoup plus considérable dans ce second cas.

C'est ce que nous avons cherché à mettre en évidence chez de jeunes porcelets, alimentés avec les matières protéiques du lait additionnées de graisse ou d'amidon.

Pendant toute la durée des essais, qui comportent des périodes successives d'une semaine, des porcelets de 10^{kg} reçoivent une même quantité de lait écrémé et en outre de l'amidon ou de la graisse de beurre. La substitution de la graisse à l'hydrate de carbone est faite en proportion isodyname. Les chiffres réunis ci-dessous, lesquels ne représentent qu'une très faible part de nombreux résultats expérimentaux concordants, permettent de comparer la rétention azotée dans les diverses périodes; ils expriment, pour chaque période, les valeurs quotidiennes moyennes.

Aliment ternaire.	Porc n° 1. N absorbé (N ingéré — N fécal).	Porc n° 1. Coefficient de rétention.	Porc n° 2. N absorbé (N ingéré — N fécal).	Porc n° 2. Coefficient de rétention.
1re période : Amidon 190g..	13,132	54 %	13,075	55 %
2e » : » 250..	12,621	58	12,636	58
3e » : » 350..	12,186	51	11,981	50
4e » : Graisse de beurre 150..	12,110	27	12,091	19

La substitution des graisses aux hydrates de carbone a pour conséquence indéniable une diminution considérable de la rétention azotée. Or la rétention azotée est la mesure de la néoformation des matières albuminoïdes. Il n'est donc pas douteux que la synthèse des matières protéiques — laquelle, comme nous l'avons vu précédemment (1), ne dépend pas uniquement de la quantité des matières protéiques ingérées, mais est grandement influencée par la quantité des aliments ternaires de la ration — est beaucoup plus intense dans l'alimentation hydrocarbonée que dans l'alimentation grasse.

Ce résultat une fois atteint, il nous a paru utile d'étudier la variation de la rétention azotée en fonction de la quantité des hydrates de carbone ingérés, afin de déterminer, bien entendu pour un âge donné, la composition de la ration permettant l'utilisation maximum des matières albuminoïdes. Le tableau ci-dessous réunit les coefficients de rétention, chez des porcelets de 10 à 12kg recevant 16g N par jour.

	Porc n° 1.	Porc n° 2.	Porc n° 3.
Lait écrémé seul........................	19,2	»	19,3
Lait écrémé + 100g farine de manioc.....	»	34,4	»
» + 250g »	»	46,8	47,7
» + 500g »	58,0	»	61,4
» + 750g »	»	74,5	»
» + 1000g »	74,4	»	»

La variation du coefficient permet une double conclusion :

1° Aux dépens d'une même quantité d'albumine alimentaire, l'animal fait varier dans la proportion de 1 à 4 la quantité d'albumine édifiée et cela en fonction de la quantité ingérée d'hydrates de carbone :

2° Une fois atteint, dans la ration, un rapport déterminé entre pro-

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1176.

téiques et hydrates de carbone toute nouvelle adjonction hydrocarbonée reste sans effet sur la rétention azotée.

Les faits consignés, lesquels nous paraissent également intéressants au point de vue théorique et pour la pratique de l'alimentation, en même temps qu'ils établissent l'incontestable supériorité des hydrates de carbone sur les graisses dans l'édification des matières protéiques, montrent la nécessité de déterminer, à tout moment de la croissance, le rapport entre les aliments albuminoïdes et les aliments ternaires de la ration qui permet la meilleure utilisation des protéiques alimentaires.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le passage des polypeptides digestifs dans la circulation porte et leur arrêt dans le foie.* Note (¹) de MM. **P. Cristol, L. Hedon** et **A. Puech**, présentée par M. Widal.

La question de savoir si des fragments des protéines alimentaires plus complexes que les amino-acides franchissent la muqueuse digestive est encore très controversée. L'opinion la plus généralement admise, comme le constate J. Kapfhammer (²) dans une revue récente sur les fonctions hépatiques, veut qu'à l'état normal ce soient presque exclusivement des acides aminés qui arrivent au foie.

Cependant quelques auteurs admettent qu'il passe des albumoses digestives dans la veine porte. Nolf conclut de ses expériences que les peptones alimentaires traversent la muqueuse intestinale sans être clivées plus profondément. Widal, Abrami et Iancovesco se basant sur les phénomènes de choc hémoclasique estiment que le sang porte d'un animal en digestion de protéines contient des peptones qui sont normalement arrêtées par le foie et pour eux cet organe possède une fonction de « protéopexie alimentaire ». Troisier arrive à la même conclusion en comparant la tension superficielle du sang prélevé dans la veine porte et dans le sang périphérique du chien en digestion de peptone.

Ces arguments n'ont pas été unanimement acceptés comme ayant force de preuves et nombreux sont les expérimentateurs qui refusent au foie une fonction d'arrêt sur les protéines.

(¹) Séance du 25 janvier 1926.

(²) J. Kapfhammer, *Die Leber im Stoffwechsel.* (*Handbuch der Biochemie der Menschen und d. Thiere*, Bd 9, 1925, p. 98-153).

Étant en possession d'une méthode de dosage de l'azote polypeptidique dans le sang et les liquides organiques, il nous a paru intéressant d'apporter notre contribution dans le débat. La technique, décrite par deux d'entre nous [1], est basée sur le fait que l'acide trichloracétique à 20 pour 100 désalbumine complètement le sang mais laisse passer dans le filtrat les polypeptides, tandis que d'autres acides comme l'acide phosphotungstique précipitent non seulement les albumines mais aussi les polypeptides à la condition que la concentration soit convenable; c'est le cas pour l'acide phosphotungstique $\frac{1}{2}$ N ou $\frac{2}{3}$ N qui réalise ces desiderata en n'hydrolysant pas les protéines. Dans ces conditions, le chiffre d'N total trouvé dans le filtrat phosphotungstique est toujours inférieur à celui du filtrat trichloracétique, la différence représente l'azote polypeptidique ou indice de polypeptidémie.

Nous avons effectué, au moyen de cette technique, des dosages comparatifs dans le sang porte et dans le sang de la grande circulation chez le chien. Les animaux étaient anesthésiés par injection intraveineuse de somnifère. Après laparotomie et ligature de l'artère splénique, une sonde en gomme était introduite dans la veine splénique et poussée jusque dans la veine porte, permettant ainsi de recueillir 50 à 60$^{cm^3}$ de sang. La rate était alors enlevée et une autre prise de sang était faite par une artère carotide ou fémorale (dans une de nos expériences, une deuxième prise fut faite dans le cœur droit).

Dans deux de nos expériences les animaux étaient à jeun. Les deux autres chiens, aussitôt après le début de l'anesthésie, avaient reçu par une sonde œsophagienne 40^g de peptone en solution dans une faible quantité d'eau. La prise de sang porte était faite une demi-heure après.

Chez les deux chiens à jeun, la différence des chiffres d'azote total trouvés dans le filtrat trichloracétique et le filtrat phosphotungstique étaient à peu près identiques pour le sang porte et le sang de la circulation générale. Au contraire, chez les chiens en digestion, cette différence était incomparablement plus grande en faveur du sang prélevé dans la veine porte comme le montrent les chiffres consignés dans le tableau suivant :

---

[1] P. Cristol et A. Puech, *Peut-on mettre en évidence la présence de polypeptides dans le sang?* (*Soc. des Sciences médicales et biologiques de Montpellier*, 20 novembre 1925, 7, fasc. I, p. 48-52).

Conditions expérimentales.	Lieu de prélèvement du sang.	N total non protéique en gr. pour 1000 (sérum). Acide trichlor-acétique.	Acide phospho-tungstique.	Indice de polypeptidémie.
		Chiens à jeun.		
Chien I.......	sang porte	0,315	0,244	0,071 (1)
	sang fémoral	0,316	0,249	0,067
Chien II......	sang porte	0,237	0,197	0,040
	sang fémoral	0,225	0,208	0,017
		Chiens en digestion de peptone.		
Chien III.....	sang porte	0,281	0,175	0,106
	sang carotidien	0,240	0,220	0,020
Chien IV.....	sang porte	0,450	0,258	0,192
	sang du cœur droit	0,119	0,117	0,002

Ces résultats nous paraissent prouver que des polypeptides passent dans la veine porte au cours de la digestion et qu'ils sont arrêtés par le foie, puisqu'on ne les retrouve pas dans le sang artériel ou même dans le sang du cœur droit.

CYTOLOGIE. — *Sur le mécanisme des caractères favorables du plasma des animaux sarcomateux comme milieu pour la culture des tissus.* Note de MM. **A. Policard** et **M. Boucharlat**, présentée par M. F. Mesnil.

Il y a quelques mois, nous avons signalé la propriété, offerte par les animaux porteurs de sarcome expérimental (Rat), de fournir, contrairement aux animaux normaux, un plasma permettant directement, sans addition d'aucune substance activante, la culture *in vitro* de tissus normaux ou pathologiques (2). Nous avons envisagé à ce moment les diverses explications possibles du phénomène sans prendre parti pour aucune d'elles.

Des recherches, poursuivies depuis ces premières observations, nous ont

(1) Indice de polypeptidémie élevé aussi bien d'ailleurs dans le sang porte que dans le sang de la grande circulation, ce qui est dû sans doute à ce que l'animal avait un abcès en voie de résorption dans la région du cou, consécutif à une intervention antérieure.

(2) *Cultures de sarcome et de tissu rénal de Rat nouveau-né* (Cf. Policard et Boucharlat, *C. R. Soc. de Biol.*, 92, 16 février 1925, p. 629).

permis de préciser les mécanismes explicatifs de cette propriété singulière.

Deux facteurs semblent surtout jouer un rôle essentiel : les propriétés antiprotéolytiques du plasma, d'une part; sa dilution, d'autre part.

Le caillot plasmatique provenant d'un animal porteur de sarcome offre une remarquable résistance à la liquéfaction secondaire ([1]). Celle-ci, on le sait, se produit toujours dans les cultures de tissus et constitue une de leurs plus sérieuses difficultés. En effet, dans un milieu devenu liquide, les cellules nouvelles, privées de point d'appui, ne peuvent plus s'étendre et pousser.

Avec le plasma du rat normal, la liquéfaction du caillot peut commencer vers la douzième heure. Elle est très accentuée souvent après un jour. Le deuxième jour, chaque fragment est entouré d'une zone étendue de liquéfaction. Avec le plasma d'animal sarcomateux, ceci ne se produit pas; le caillot persiste intact bien plus longtemps; au quatrième jour souvent, il n'y pas encore trace de liquéfaction. On note, du reste, des différences suivant les échantillons.

Chez des rats ayant été inoculés avec succès, mais chez qui une résorption spontanée du sarcome s'est ultérieurement produite (ce qui amène habituellement la création d'un état d'immunité vis-à-vis de nouvelles greffes), le caillot ressemble à celui d'un animal normal et n'offre pas de résistance spéciale à la liquéfaction secondaire.

La valeur d'un plasma comme milieu de culture tissulaire est en partie fonction de cette résistance à la liquéfaction tardive. La culture en plasma provenant d'un animal sarcomateux est très abondante pour cette raison surtout. En réalité, dans les conditions de nos expériences, une culture se produit aussi avec les autres plasmas. Mais elle demeure toujours très pauvre parce qu'elle est arrêtée très tôt par la liquéfaction.

Le second facteur qui intervient consiste dans la dilution plus grande du plasma d'animal sarcomateux. On se rend compte de cette richesse en eau par les résultats de la centrifugation. Toutes conditions étant égales d'ailleurs, on obtient une quantité beaucoup plus grande de plasma avec le sang des animaux sarcomateux qu'avec celui d'un animal normal ou immunisé.

Or, on sait depuis longtemps que, dans certaines limites, la dilution du plasma favorise les cultures; quand on dilue du plasma d'animal normal ou

---

(1) On a signalé depuis longtemps les propriétés antiprotéolytiques du sang des cancéreux.

immunisé, on obtient des cultures meilleures (quoique assez pauvres) qu'avec le plasma pur; avec celui-ci, le résultat est misérable. Malheureusement, la dilution accélérant la liquéfaction, l'influence favorisante de la première est rapidement contre-balancée par celle, défavorable, de la seconde.

Cette action favorable de la dilution paraît susceptible d'une explication purement mécanique : le caillot de plasma dilué est moins dense, moins serré, donc plus perméable aux cellules qui émigrent.

Nos observations ne nous semblent pas favorables à l'existence d'un hypothétique facteur favorisant spécifique, lié à la présence du sarcome, ni, inversement, à l'existence, chez les animaux immunisés, d'un anticorps sanguin. En réalité, à part les conditions de dilution et les propriétés antiprotéolytiques, les plasmas d'animaux sarcomateux, normaux, ou immunisés, paraissent identiques en ce qui concerne leurs capacités de servir de milieux de culture. Les résultats si différents obtenus avec eux sont liés uniquement à leur protéolyse plus ou moins rapide et à leur dilution.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS** adresse ampliation du Décret en date du 7 février 1926 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **CAMILLE MATIGNON** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *Albin Haller*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **CAMILLE MATIGNON** prend place parmi ses Confrères.

MÉCANIQUE. — *Sur un principe de Statique.* Note [1] de M. **PAUL APPELL**.

Ne serait-il pas possible de baser la Statique sur le principe suivant? Soit un système immobile, dans une position P_0 soumis à l'action de certaines forces connues; ces forces tendent à produire un travail. Si donc pour tous les déplacements très petits à partir de cette position, le travail des forces appliquées est négatif ou nul, le système ne bouge pas : il est dans une position d'équilibre.

Ce principe ne donne pas les positions d'équilibre instable, qui d'ailleurs ne peuvent pas être réalisées physiquement sans l'intervention du frottement.

Dans le principe ci-dessus, on considère les déplacements finis, tandis

---

[1] Séance du 8 février 1926.

que dans le théorème du travail virtuel, on considère seulement les déplacements infiniment petits tangents aux déplacements finis.

Ce dernier théorème, dans la théorie actuelle, exprime ce fait que la différentielle d'une fonction est nulle quand cette fonction passe par un maximum. Si l'application du théorème des travaux virtuels donne à la fois les positions d'équilibre stables et instables, cela tient à ce que, quand la différentielle d'une fonction est nulle, cette fonction ne passe pas nécessairement par un maximum.

Je développerai cette théorie dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'existence de l'isopulégone à l'état naturel. Isolement des pulégones α (iso) et β (ordinaire) et de leurs énols à l'état pur.* Note de MM. **V. Grignard** et **J. Savard**.

On sait depuis longtemps que la pulégone ordinaire, séparée par distillation de la menthe Pouliot, est accompagnée d'une cétone voisine, pratiquement inséparable, et sur la nature de laquelle on n'était pas encore fixé.

Tétry (¹) a indiqué y avoir trouvé du menthol (10 pour 100) et de la menthone, et il a admis la possibilité de l'existence de l'isopulégone.

Nous avons montré récemment (²), en appliquant la méthode d'ozonisation instituée par l'un de nous (³), que le total des groupements $CH^2=$ et $(CH^3)^2C=$ était sensiblement égal à 100 pour 100, ce qui excluait la présence d'une quantité appréciable de dérivés menthaniques et semblait établir, au contraire, celle de l'isopulégone.

Nous avons complété cette démonstration en réalisant la séparation des deux formes, à peu près à l'état pur.

Nous nous sommes appuyés sur la propriété que possède la pulégone de se combiner au bisulfite de sodium, tandis que l'isopulégone est inattaquée. Il est nécessaire d'agiter la pulégone de distillation, pendant un mois au moins, avec 2^{vol} de bisulfite à 36° B. et $0^{vol},5$ d'alcool. On filtre la combinaison bisulfitique, au fur et à mesure de sa formation; on remet la partie huileuse dans le flacon-laboratoire et l'on renouvelle le bisulfite. Quand il ne se sépare plus de cristaux, l'isopulégone brute est extraite de la masse cristalline qui la retient partiellement, par malaxage avec de l'alcool, puis

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 27, 1902, p. 180.
(²) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 589.
(³) Grignard, Doeuvre et Escourrou, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 669.

précipitation par l'eau. On épuise enfin cette liqueur ainsi que les eaux mères par l'éther.

Cette isopulégone brute contient encore un peu de pulégone qu'on élimine en la réduisant par l'amalgame d'aluminium qui laisse la forme α inaltérée [1].

Deux essences de menthe Pouliot ont été ainsi examinées. L'une, provenant de la maison Schimmel et conservée depuis très longtemps au laboratoire, nous a donné 18 pour 100 d'isopulégone; l'autre, récemment fournie par la maison Bernard-Escoffier, en a laissé 16 pour 100. Or notre dosage à l'ozone sur cette dernière essence avait indiqué 15 à 18 pour 100; la concordance est donc parfaite.

Dans les limites de précision de la méthode à l'ozone, notre isopulégone naturelle contient 100 pour 100 de forme α et elle présente les caractéristiques suivantes :

Éb. 78° sous 5^{mm}; $d_{14}^{4} = 0,9097$; $n_D^{14} = 1,46332$; $[\alpha_D] = +34°,03$;
Rm = 46,05 (calc. 46,82); Semicarbazone, F. = 172°.

Analyse.

Trouvé	C = 78,73	H = 10,60
Calculé	C = 78,94	H = 10,52

Son bromhydrate fond à 48° et se décompose facilement en HBr et isopulégone, comme d'ailleurs son isomère, fusible à 40-41°, fourni par bromhydratation de la pulégone. Nous avons réussi à isoler, en petite quantité, ce bromhydrate d'isopulégone, à côté du bromhydrate de pulégone, en opérant, comme antérieurement, sur la cétone de distillation. Il a donné :

Ind. sap. = 234 (calc. 240); Br. pour 100 = 34,37 (calc. 34,33).

Ces deux bromhydrates, ne pouvant être l'un et l'autre que des bromo-8*p*-menthanone-3, doivent représenter deux énantiomorphes ou deux stéréoisomères cyclaniques.

Pour comparer, nous avons préparé, en partant du bromhydrate fusible à 40-41°, l'isopulégone synthétique de Harries et Rœder (*loc. cit.*) et nous avons bien trouvé les caractéristiques indiquées :

Éb. 81 sous 6^{mm}; $d_{14}^{4} = 0,9097$; $n_D^{14} = 1,46335$;
$[\alpha_D] = -7°,13$; Semicarbazone, F = 173-174° [2].

---

(1) HARRIES et RŒDER, *D. ch. Ges.*, **32**, 1899, p. 3357.

(2) Il faut noter que l'isopulégone de Tiemann et Schmidt (*D. ch. Ges.*, **30**, 1897, p. 22), obtenue par cyclisation du citronellal, puis oxydation, donne une semicarbazone

Les constantes sont sensiblement identiques à celles de l'isopulégone naturelle, sauf le pouvoir rotatoire qui varie et peut même changer de signe suivant la durée de la saponification. L'isopulégone lévogyre se racémise d'ailleurs, peu à peu, spontanément.

D'autre part, en décomposant la combinaison bisulfitique, préparée plus haut et purifiée, on obtient la pulégone naturelle contenant 100 pour 100 de forme β et présentant les constantes suivantes :

Eb. 88-89 sous 6mm ; $d_{13}^{4} = 0,9346$; $n_D^{13} = 1,48940$; $[\alpha_D] = + 21°$;
Rm = 46,94 (calc. 45,82 ; exaltation par conjugaison).

L'énol que nous avons précédemment obtenu [1] en partant de la pulégone de distillation, étant vraisemblablement un mélange de deux isomères, nous avons effectué à nouveau cette préparation sur les formes pures. Voici les résultats trouvés :

Énol α (de l'isopulégone naturelle pure) :

Eb. 80-81° sous 6mm ; $d_{14}^{4} = 0,8965$; $n_D^{14} = 1,46732$;
Rm = 47,25 (calc. 46,76), $[\alpha_D] = - 4°,3$ [2].

Énol α (de l'isopulégone synthétique) :

Eb. 81° sous 6mm ; $d_{14}^{4} = 0,8966$; $n_D^{14} = 1,46754$; inactif.

Énol β (de la pulégone naturelle pure) :

Eb. 88° sous 6mm ; $d_{13}^{4} = 0,9160$; $n_D^{13} = 1,48312$;
Rm = 47,40 (calc. 46,76) ; $[\alpha_D] = + 24°,6$.

La composition de la pulégone ordinaire semble donc être ainsi complètement établie, tout au moins pour les échantillons que nous avons eus entre les mains. Elle contient de 16 à 18 pour 100 environ d'isopulégone; et la séparation complète des deux formes a pu être réalisée. L'isopulégone naturelle est identique, au pouvoir rotatoire près, à celle qui résulte de l'isomérisation de la β-pulégone. Les énols α se préparent comme les β et présentent le même degré de stabilité. Enfin il faut remarquer que les réfrac-

fusible à 172-173° et dédoublable en deux, l'une fusible à 173-174°, l'autre à 183-184°. Il n'est pas impossible que notre semicarbazone fusible à 172°, fournie par l'isopulégone naturelle, soit, elle aussi, dédoublable.

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1573.

(2) Les pouvoirs rotatoires des énols ont été pris dans le toluène, à la concentration d'environ 5 pour 100, en poids.

tions moléculaires des deux énols α et β présentent une exaltation notable qui implique vraisemblablement, pour les deux, une conjugaison des doubles liaisons. L'énolisation ne se ferait donc pas dans le même sens sur les deux formes.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Au sujet des acides gras et des corps smectiques.* Note [1] de M. G. **Friedel**.

MM. Ralph W. G. Wyckoff, Franklin, L. Hunt et Herbert E. Merwin ont publié récemment [2] une Note relative aux acides gras à longue chaîne, Note dans laquelle ils mettent en doute sinon l'existence même des corps smectiques, du moins le fait que les radiogrammes de ces corps diffèrent de ceux des cristaux, comme je l'avais prévu pour diverses raisons [3], et comme l'ont, en effet, constaté M. de Broglie et Ed. Friedel [4].

Les objections de ces auteurs sont basées sur une double confusion dont l'exemple avait été déjà donné de divers côtés et qu'il me paraît nécessaire de dissiper une fois de plus.

En premier lieu, personne n'a jamais soutenu, à ma connaissance, que les acides gras à longue chaîne fussent des corps à phase smectique. Il suffit de les examiner sous le microscope pour constater sans aucun doute possible que ce sont des corps cristallisés à la température ordinaire, et qui fondent directement à l'état amorphe sans passer par aucune phase mésomorphe. En démontrant que l'acide palmitique est cristallisé et non smectique, MM. Wyckoff, Hunt et Merwin ne font que confirmer ce qui était connu [5], et dont personne ne doutait. Mais cela ne touche en rien aux propriétés des corps smectiques.

D'autre part, il est bien vrai qu'il y a quelque *analogie* entre les radiogrammes fournis par les acides gras, corps cristallisés, et ceux que donnent les corps smectiques, tels que les savons à la température ordinaire, ou les corps comme le para-azoxybenzoate d'éthyle dans le domaine de température où ils affectent la forme smectique. Mais cette analogie n'est pas identité.

---

(1) Séance du 8 février 1926.
(2) *Zeitschrift f. Kristallographie*, 62, 1925, p. 553.
(3) *Annales de Physique*, 18, 1922, p. 273.
(4) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 738.
(5) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 409.

L'analogie résulte de ce fait que, tout en étant cristallisés, c'est-à-dire pourvus de la structure périodique complète, les acides gras à longue chaîne offrent une direction de plans réticulaires pour laquelle l'équidistance des plans est particulièrement grande, comparable à celle des plans parallèles qui caractérisent la structure smectique.

Il en résulte que, dans les radiogrammes de la méthode des poudres par exemple, les réflexions dues à ce plan réticulaire à grand espacement fournissent une série d'anneaux de petits diamètres, du même ordre de grandeur que ceux des corps smectiques. Mais dans les acides gras, corps cristallisés, il existe, outre ces anneaux serrés, d'autres anneaux nets plus larges, correspondant aux réflexions sur toute une série d'autres plans réticulaires moins espacés. Tandis que, *dans les corps smectiques, ces autres anneaux n'existent pas*. Là est toute la différence.

On peut assurément, en ne photographiant que les anneaux de petits diamètres, obtenir d'un acide gras, corps cristallisé, des radiogrammes qui *ressemblent* à ceux d'un corps smectique. Mais de ce que de tels radiogrammes se ressemblent... (durchaus analog sind), on ne peut rien conclure. Toute la question est de savoir si dans les radiogrammes de corps smectiques, comme dans ceux des corps cristallisés, les réflexions des rayons X se font sur toute une série de plans réticulaires de directions et d'équidistances différentes, ainsi que MM. Wyckoff, Hunt et Merwin l'imaginent sans l'avoir recherché; ou bien si, comme je l'ai annoncé, et comme toutes les vérifications faites (1) depuis les premiers essais de M. de Broglie et Ed. Friedel tendent à le confirmer, la réflexion n'a lieu, pour les corps smectiques, que sur une unique direction de plans.

Il est bien évident que ce n'est pas en examinant les radiogrammes des acides gras, corps cristallisés, que cette question peut être résolue, mais uniquement en étudiant ceux des corps smectiques. Il est bien singulier que, jusqu'à présent, de tous les auteurs qui, pour des raisons tirées des radiogrammes ont contesté l'existence de la structure smectique (2), aucun n'ait pris la peine d'examiner un corps smectique, mais que tous aient tiré leurs objections des acides gras, qui n'ont aucun rapport avec les corps smectiques. Je ne puis m'expliquer cette étrange et si persistante confusion.

---

(1) Ed. Friedel, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 269.

(2) Voir notamment Trillat, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 280, et ma réponse *Ibidem*, p. 409; Mac Bain, *Liquid Crystals, Soap solutions and X Rays* (*Nature*, **113**, 1924, p. 534; et **114**, 1924, p. 49), et ma réponse (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, **36**, 1925, p. 162).

Rappelons que ce n'est pas l'analyse aux rayons X qui a conduit à concevoir pour les corps smectiques une structure spéciale, entièrement distincte de celle des cristaux. J'ai donné ailleurs (*loc. cit.*) toutes les raisons qui convergent vers cette hypothèse. Les essais radiographiques ne sont venus qu'après coup confirmer ce qu'imposaient beaucoup d'autres considérations. Il reste loisible à chacun de vérifier et de contester les résultats de ces essais. Mais il est bien clair que pour le faire utilement, ce n'est pas à des corps cristallisés qu'il faut s'adresser. Il serait indispensable de montrer, dans les radiogrammes fournis par un véritable corps smectique, tel que l'oléate de sodium à froid, ou l'azoxybenzoate ou l'azoxycinnamate d'éthyle aux températures convenables, l'existence de réflexions dues à d'autres plans réticulaires que le plan unique normal à l'axe optique. Cela, MM. Wyckoff, Hunt et Merwin ne le montrent point et ne l'ont pas même recherché; par suite, leur conclusion n'est pas fondée.

Il faut ajouter que ces mêmes auteurs reprennent à leur compte la vieille erreur de Lehmann, en imaginant la structure smectique comme une sorte de structure cristalline imparfaite (Smektisch oder irgendwie anders subkristallin). Les deux structures mésomorphes, smectique et nématique, ne sont en aucune façon des structures subcristallines. Ce sont des structures parfaitement autonomes, distinctes de celle de la matière cristallisée. Il n'y a aucune espèce de transition graduelle, mais une complète discontinuité, entre les deux états correspondants de la matière et l'état cristallisé. Cette nouvelle confusion est d'ailleurs gratuite, aucune raison quelconque n'étant donnée à l'appui. C'est le retour pur et simple, sans aucun examen, à la conception de « cristaux liquides », depuis plus de 15 ans démontrée inacceptable. Il faudrait, pour la faire revivre, autre chose que de simples affirmations.

M. **Rateau** présente à l'Académie la quatrième édition du cinquième Tome du *Cours de Mécanique appliquée aux machines* de M. **J. Boulvin**, notre regretté Correspondant belge, mort en 1920; ce Tome est consacré à l'étude organique des machines à vapeur, y compris les turbines.

La troisième édition datait de 1912. Beaucoup de progrès ont été réalisés depuis. Il convenait de mettre à jour la belle œuvre de J. Boulvin, la plus importante de ce genre en langue française. C'est M. G. van Engelen qui s'en est chargé. Laissant de côté les questions qui ne présentent plus qu'un intérêt historique, il s'est attaché à profiter des plus récents travaux et à

décrire les machines et appareils introduits entre temps dans la pratique, plus particulièrement dans le domaine des turbines à vapeur. Citons, par exemple, les chapitres relatifs à la turbine Ljunstrom et aux vitesses critiques des arbres. Dans celui-ci se trouve résumée la théorie générale établie par M. Van Den Dungen, qui démontre et étend la formule de Dunkerley.

Ainsi rénové, cet Ouvrage qui vise surtout l'enseignement, continuera d'être des plus utiles aux étudiants des grandes écoles techniques.

M. **A. d'Arsonval** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Georges Lakhovsky**, intitulé *L'origine de la vie. La radiation et les êtres vivants*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **H.-A. Lorentz** offre à l'Académie, de la part des Directeurs de la Société hollandaise des Sciences, le Volume quinzième des *Œuvres complètes de* Christiaan Huygens.

M. **P. Zeeman**, par l'organe de M. H. Deslandres, fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Données numériques de spectroscopie. Spectres d'émission. Phénomène de Zeeman. Spectres d'absorption*, par **L. Brüninghaus**, dont il a écrit la *Préface*. (Extrait du Tome V, années 1917-1918-1919-1920-1921-1922 des *Tables annuelles des constantes et données numériques*.)

M. **Roald Amundsen** fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. Ch. Lallemand, de son Ouvrage : *Expédition Amundsen-Ellsworth. En avion vers le pôle Nord,* traduit du norvégien et adapté par M. Charles Rabot.

CORRESPONDANCE.

M. **E.-G. Barrillon** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *L. Gentil*.

M. **Charles Nicolle** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *W. Kilian*.

L'**Association italienne de Chimie générale et appliquée** invite l'Académie à se faire représenter au *IIe Congrès national de Chimie pure et appliquée* et à la célébration du centième anniversaire de la naissance de *Stanislao Cannizzaro,* qui auront lieu au mois de mai, à Palerme.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une propriété de courbure de certains espaces de Riemann.* Note de M. **Axel Egnell**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'élément linéaire d'un espace de Riemann à p dimensions étant exprimé sous la forme

$$ds^2 = \Sigma g_{\mu\nu}\, du_\mu\, du_\nu,$$

nous désignons, selon l'usage, par g le déterminant formé par les coefficients $g_{\mu\nu}$ et par $g^{\mu\nu}$ le tenseur contrevariant associé aux $g_{\mu\nu}$. Posons en outre

$$h = \log\sqrt{g}, \qquad h_\mu = \frac{\partial h}{\partial u_\mu}, \qquad h^\mu = \sum_\nu g^{\mu\nu} h_\nu.$$

Désignons par $K^{(p)}$ la moitié de l'invariant $\Sigma R^{\mu\nu}{}_{\mu\nu}$. Dans le cas d'une surface, $K^{(2)}$ représente ainsi la courbure de Gauss. On démontre qu'à l'aide de ces notations la courbure $K^{(p)}$ peut être exprimée sous la forme

$$(1) \qquad K^{(p)} = -\sum_\mu \frac{1}{2}\left(h^\mu h_\mu + 2\frac{\partial h^\mu}{\partial u_\mu}\right) - \sum_{\mu\nu} \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 g^{\mu\nu}}{\partial u_\mu\, \partial u_\nu} + \frac{1}{2}\sum_\lambda \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial u_\lambda}\Gamma_{\mu\nu}{}^\lambda\right),$$

$\Gamma_{\mu\nu}{}^\lambda$ désignant le symbole de Christoffel de seconde espèce.

Supposons que l'espace ait pu être repéré à l'aide d'un système p-uple orthogonal, de sorte que pour $\mu \neq \nu$ tous les $g_{\mu\nu}$ s'annulent, et désignons par g_μ les quantités $g_{\mu\mu}$. Dans ces conditions, la formule (1) peut s'écrire comme suit :

$$(2) \qquad K^{(p)} = -\sum_{\lambda\mu\nu}{}' \frac{1}{8}\, \frac{1}{g_\lambda g_\mu g_\nu}\, \frac{\partial g_\lambda}{\partial u_\nu}\, \frac{\partial g_\mu}{\partial u_\nu} - \sum_{\mu\nu}{}' \frac{1}{\sqrt{g_\mu g_\nu}}\, \frac{\partial}{\partial u_\nu}\left(\frac{1}{\sqrt{g_\nu}}\, \frac{\partial\sqrt{g_\mu}}{\partial u_\nu}\right).$$

Les sommations indiquées par les signes Σ' doivent être étendues à toutes les valeurs *différentes* des indices de 1 à p, tous les termes de (1) correspondant à des valeurs égales de deux ou de trois indices se détruisant les uns les autres. Nous écrivons la formule (2) sous la forme abrégée

$$(3) \qquad K^{(p)} = -\sum_{\lambda\mu\nu}{}' P_{\lambda\mu\nu} - \sum_{\mu\nu}{}' Q_{\mu\nu}.$$

Considérons une des surfaces de coordonnées $S_{\alpha\beta}$ correspondant à des valeurs fixes de toutes les variables, excepté u_α et u_β. La courbure $K^{(2)}_{\alpha\beta}$ se déduit de (3) en donnant aux indices les valeurs α et β. La première somme de (3) ne fournit aucune contribution à cette courbure, puisque les indices ne peuvent pas prendre trois valeurs différentes. On trouve donc simplement

$$K^{(2)}_{\alpha\beta} = -Q_{\alpha\beta} - Q_{\beta\alpha}, \tag{4}$$

ce qui est bien l'expression classique de la courbure d'une surface rapportée à des coordonnées rectangulaires, ainsi qu'on le vérifie aisément. Faisons la somme pour toutes les valeurs différentes de α et β. Chacun des termes du second membre de (4) donne une somme égale à $-\Sigma' Q_{\mu\nu}$. D'autre part, au membre gauche, chaque surface de coordonnée figure deux fois, une fois sous la forme $S_{\alpha\beta}$ et l'autre fois sous la forme $S_{\beta\alpha}$. On trouve donc que la somme des courbures de toutes les surfaces de coordonnées est donnée par l'expression

$$\sum{}' K^{(2)} = -\sum_{\mu\nu}{}' Q_{\mu\nu}. \tag{5}$$

Envisageons ensuite un espace de coordonnées à trois dimensions $U^{(3)}_{\alpha\beta\gamma}$. D'après (3) sa courbure est fournie par la formule

$$\begin{aligned} K^{(3)}_{\alpha\beta\gamma} = &- P_{\alpha\beta\gamma} - P_{\alpha\gamma\beta} - P_{\beta\alpha\gamma} - P_{\beta\gamma\alpha} - P_{\gamma\alpha\beta} - P_{\gamma\beta\alpha} \\ &- Q_{\alpha\beta} - Q_{\alpha\gamma} - Q_{\beta\alpha} - Q_{\beta\gamma} - Q_{\gamma\alpha} - Q_{\gamma\beta}. \end{aligned} \tag{6}$$

Faisons encore la somme pour toutes les valeurs différentes de α, β, γ. Chacun des termes P figurant au second membre de (6) fournit la somme $-\Sigma' P_{\lambda\mu\nu}$. Quant au terme $Q_{\alpha\beta}$, il conserve une valeur fixe pour toutes les valeurs de γ autres que α et β; il fournit donc dans la somme une quantité égale à $(p-2)$ fois la somme $-\Sigma' Q_{\mu\nu}$, Il en est de même des autres termes Q. Au membre gauche de (6), la même courbure $K^{(3)}_{\alpha\beta\gamma}$ entre six fois dans la somme, de sorte que, en divisant par 6, nous trouvons que la somme des courbures des espaces de coordonnée à trois dimensions est donnée par la relation

$$\sum{}' K^{(3)} = -\sum_{\lambda\mu\nu}{}' P_{\lambda\mu\nu} - (p-2)\sum_{\mu\nu}{}' Q_{\mu\nu}. \tag{7}$$

En éliminant les sommes Σ' entre (3), (5) et (7) on obtient donc

$$\Sigma' K^{(3)} = K^{(p)} + (p-3)\,\Sigma' K^{(2)}.$$

Par le même procédé, on peut calculer la somme des courbures des espaces de coordonnées d'un ordre s quelconque, et l'on trouve ainsi la formule

$$\Sigma' K^{(s)} = C_{s-3}^{p-3} K^{(p)} + C_{s-2}^{p-3} \Sigma' K^{(2)}, \tag{8}$$

les coefficients C désignant le nombre de combinaisons de $(p-3)$ éléments. En particulier, pour $s = p - 1$, on trouve

$$\Sigma' K^{(p-1)} = (p-3) K^{(p)} + \Sigma' K^{(2)}.$$

Il résulte de la formule (8) que, dans un espace euclidien (ou plus généralement dans un espace de Riemann à courbure nulle), repéré à l'aide d'un système p-uple orthogonal, la somme des courbures des espaces de coordonnées d'un ordre quelconque est proportionnelle à celle des surfaces de coordonnées. En particulier, la somme des courbures des espaces de coordonnée d'ordre $p-1$ est égale à celle des surfaces, et la somme des courbures des espaces d'ordre $p-t$ et celle des espaces d'ordre $t+1$ sont égales, t étant un entier quelconque compris entre 1 et $p-2$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'inversion du théorème de Bernoulli.* Note de M. **Charles Jordan**, présentée par M. d'Ocagne.

Si le nombre ν des cas favorables observés en n épreuves est donné, la probabilité dP pour que la probabilité de l'événement simple soit comprise entre p et $p + dp$ sera, en considérant toutes les valeurs de p entre zéro et un comme également probables *a priori* :

$$dP = (n+1)\, C_n^\nu p^\nu q^{n-\nu}\, dp. \tag{1}$$

On en tire, par intégration, la probabilité pour que la probabilité de l'événement simple soit plus petite que η

$$P = \frac{B_\eta(\nu+1,\ n-\nu+1)}{B(\nu+1,\ n-\nu+1)}, \tag{2}$$

c'est le rapport d'une fonction *Bêta* incomplète à la fonction complète correspondante [1].

[1] On trouve des méthodes permettant d'évaluer cette grandeur dans : H. E. Soper, *The Numerical Evaluation of the Incomplete B-Function;* Cambridge University Press, 1921.

J'ai démontré le théorème suivant : *Le nombre* ν *des cas favorables étant donné, la probabilité* a posteriori *pour que la probabilité de l'événement simple soit plus petite que* η, *est égale à la probabilité* a priori, *pour que le nombre des cas favorables en* $n+1$ *épreuves soit plus grand que* ν, *si la probabilité de l'événement simple est égale à* η.

Ce théorème permet de résoudre le problème de probabilité *a priori* à l'aide des fonctions *Bêta* incomplètes, ou inversement le problème *a posteriori* à l'aide de sommes.

En développant la probabilité (1) en série à l'aide des polynomes G_s que nous avons précédemment introduits dans la théorie [1] on a

$$dP = (n+1)[1 + a_2 G_2 + a_3 G_3 + \ldots]\,\psi(m, \nu)\,dp. \tag{3}$$

Les constantes a_i ont les mêmes valeurs qu'à l'endroit cité. Le théorème énoncé est susceptible de donner la probabilité pour que p soit plus petit que η, le nombre ν des cas favorables en n épreuves étant donné ; en effet, d'après ce théorème, cette probabilité s'obtient en retranchant de l'unité la probabilité (8) de notre précédente Note. Il vient ainsi

$$P = I_\mu(\nu+1) - a_2\Delta\psi(\mu, \nu-1) + a_3\Delta^2\psi(\mu, \nu-2) - \ldots \tag{4}$$

où $\mu = (n+1)\eta$. Les formules (3) et (4) fournissent l'expression rigoureuse de l'inversion du théorème de Bernoulli.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes improprement discontinus.* Note [2] de M. **Rod. Fueter.**

Poincaré a montré qu'un groupe de substitutions linéaires

$$\left(z, \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta}\right), \quad \alpha\delta - \beta\gamma = 1, \tag{1}$$

improprement discontinu dans le plan des z, possède dans l'espace un domaine de discontinuité. Soit $z = \xi + i\eta$, $z_0 = \xi - i\eta$, $\rho^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$. A la substitution (1) dans le plan correspond la substitution suivante dans

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1916, p. 303.

(2) Séance du 8 février 1926.

l'espace

$$\rho'^2 = \frac{\rho^2\alpha\alpha_0 + z\alpha\beta_0 + z_0\beta\alpha_0 + \beta\beta_0}{\rho^2\gamma\gamma_0 + z\gamma\delta_0 + z_0\gamma_0\delta + \delta\delta_0},$$
$$z' = \frac{\rho^2\alpha\gamma_0 + z\alpha\delta_0 + z_0\beta\gamma_0 + \beta\delta_0}{\rho^2\gamma\gamma_0 + z\gamma\delta_0 + z_0\gamma_0\delta + \delta\delta_0},$$
$$z'_0 = \frac{\rho^2\alpha_0\gamma + z\beta_0\gamma + z_0\alpha_0\delta + \beta_0\delta}{\rho^2\gamma\gamma_0 + z\gamma\delta_0 + z_0\gamma_0\delta + \delta\delta_0},$$

qui, pour $\zeta = 0$, se réduit à (1). Ces formules s'expriment d'une manière extrêmement simple à l'aide de la théorie des quaternions. Soient $1, i, i_1, i_2$ les quatre quaternions unités. Nous identifions 1 et i avec l'unité réelle et l'unité imaginaire ordinaire, en sorte que les nombres complexes $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ s'expriment à l'aide des unités 1 et i. Les quaternions-unités vérifient les relations

$$i^2 = i_1^2 = i_2^2 = -1, \qquad ii_1 = -i_1 i = i_2, \qquad ii_2 = -i_2 i = -i_1, \qquad i_1 i_2 = -i_2 i_1 = i.$$

Appelons z un quaternion réduit, lorsque $z = \xi + i\eta + i_1\zeta$, c'est-à-dire lorsque le coefficient du quatrième qnaternion-unité i_2 est nul. A l'aide de ces notations les formules de transformation de Poincaré peuvent se condenser dans la formule suivante :

$$(2) \qquad z' = \xi' + i\eta' + i_1\zeta' = (\alpha z + \beta)(\gamma z + \delta)^{-1}, \qquad z = \xi + i\eta + i_1\zeta.$$

[Pour le détail du calcul consulter la thèse (Zurich) de M. Jecklin]. Si $z_0 = \xi - i\eta - i_1\zeta$ représente le quaternion conjugué de z, on sait que $zz_0 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$. Par suite, toutes les sphères de l'espace sont données par la formule

$$A zz_0 + Bz + z_0 B_0 + C = 0,$$

où A et C sont réels et B et B_0 des quaternions réduits conjugués. Cette formule montre que la substitution (2) transforme les sphères en sphères.

La représentation (2) permet de construire des séries, fonctions d'un quaternion réduit qui sera la variable, analogues aux séries thétafuchsiennes de Poincaré, covariantes relativement aux substitutions (2). Partons d'un groupe de substitutions ayant comme sphère fondamentale la sphère unité. Si P_0 désigne le volume du polyèdre générateur et si P est le volume du polyèdre, qui lui corresponde par la substitution (2), on a

$$P = \iiint_{(P_0)} |\gamma z + \delta|^{-6}\, d\xi\, d\eta\, d\zeta > m_0 P_0,$$

m_0 désignant le minimum dans P_0 du module :

$$|\gamma z+\delta|^{-6}=[(\gamma z+\delta)(z_0\gamma_0+\delta_0)]^{-3}.$$

Par suite la série

$$f(z)=\Sigma(\gamma_i z+\delta_i)^{-2m}, \qquad m\geqq 3,$$

dans laquelle la sommation est étendue à toutes les substitutions du groupe, converge absolument à l'intérieur de la sphère-unité, lorsque $m\geqq 3$. Il est à remarquer que cette série n'est pas une fonction théta, car la multiplication des quaternions n'est pas commutative. En représentant par $n(a)=aa_0$ la norme du quaternion a, on voit par contre que la série

$$\Theta(z)=\Sigma n(\gamma_i z+\delta_i)^{-m}, \qquad m\geqq 3,$$

est une fonction théta vérifiant l'équation fonctionnelle

$$\Theta[(\alpha z+\beta)(\gamma z+\delta)^{-1}]=n(\gamma z+\delta)^m\Theta(z).$$

Prenons comme exemple le groupe de Picard, dans lequel les coefficients α, β, γ, δ sont des nombres entiers de Gauss. Le polyèdre

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2\geqq 1, \qquad 0\leqq\eta\leqq-\zeta, \qquad -\frac{1}{2}\leqq\xi\leqq 0$$

est un polyèdre générateur du groupe. Par suite la série

$$f(z)=\sum_{m,p,q,r=-\infty}^{+\infty}{}'[(n+pi)z+q+ri]^{-2m}, \qquad z=\xi+i\eta+i_1\zeta,$$
$$\zeta>0, \qquad m\geqq 3, \qquad n^2+p^2+q^2+r^2>0,$$

converge dans le demi-espace $\zeta>0$, et diverge sur tout le plan $\zeta=0$. De plus :

$$\Theta(z)=\Sigma' n[(n+pi)z+q+ri]^{-m}; \qquad m\geqq 3,$$

vérifie la relation

$$\Theta[(\alpha z+\beta)(\gamma z+\delta)^{-1})=n(\gamma z+\delta)^m\Theta(z).$$

On peut facilement construire des fonctions qui restent invariantes relativement au groupe de Picard.

Si, au lieu de prendre comme variables des quaternions réduits, on prenait des quaternions généraux, il faudrait opérer dans l'espace à quatre dimensions. Je traiterai ailleurs la théorie des transformations et le développement en fractions continues des fonctions introduites dans cette Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégrales définies portant sur les séries de Lambert généralisées.* Note de M. **Michel Petrovitch.**

Soit $f_2(z)$, $f_3(z)$, $f_4(z)$, ..., une suite de fonctions dont les parties réelles sur le cercle C de rayon un ayant l'origine pour centre, ainsi que celle de la série

$$\sum_{n=2}^{n=\infty} f_n(z^n) z^{2n} \tag{1}$$

sont développables en série trigonométrique pour toute valeur de l'argument de z compris dans l'intervalle $(0, 2\pi)$, intégrable dans cet intervalle.

Soit $u(t)$ la partie réelle de (1) sur le cercle C et considérons l'intégrale

$$W(x) = \int_0^{2\pi} u(t) e^{xt} dt. \tag{2}$$

Le développement

$$W(x) = h_0 + h_1 x + h_2 x^2 + \ldots \tag{3}$$

où

$$h_m = \frac{1}{m!} \int_0^{2\pi} u(t) t^m dt, \tag{4}$$

montre que $W(x)$ est une fonction *entière* du genre zéro ou un. Je me suis occupé des fonctions de cette forme dans les travaux antérieurs [1]; dans la présente Note je voudrais signaler la propriété suivante de la fonction $W(x)$:

Elle a une infinité de zéros purement imaginaires ip_k où p_1, p_2, p_3, ..., sont les termes de la suite indéfinie des nombres premiers et, mettant à part certaines fonctions $W(x)$ exceptionnelles, elle diffère de zéro pour tout nombre composé x.

En effet, la partie réelle de $f_n(z)$ ayant pour développement trigonométrique

$$\sum_{m=0}^{m=\infty} (a_{m,n} \cos mt + b_{m,n} \sin mt), \tag{5}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 156, 1912, p. 1213 et 1823. — *Glas de l'Académie royale de Serbie*, 91, 1913.

on trouve que

(6) $$u(t)=\sum_{m=2}\sum_{n=2}(a_{m-2,n}\cos mnt+b_{m-2,n}\sin mnt),$$

(7) $$W(xi)=\sum_{m=2}^{m=\infty}\sum_{n=2}^{n=\infty}[a_{m-2,n}C_{mn}(x)+C_{m-2,n}S_{mn}(x)],$$

où

(8) $$C_{mn}(x)=\int_0^{2\pi}e^{xti}\cos mnt\,dt=xi\frac{e^{2\pi xi}-1}{(mn)^2-x^2},$$

(9) $$S_{mn}(x)=\int_0^{2\pi}e^{xti}\sin mnt\,dt=mn\frac{1-e^{2\pi xi}}{(mn)^2-x^2}.$$

Chacune des deux fonctions C_{mn} et S_{mn} s'annule pour $x=\pm$ nombre premier; pour $x=\pm$ nombre composé mn la première acquiert la valeur $\pm\pi$ et la deuxième $\pm\pi i$.

Il s'ensuit que pour $x=$ nombre premier on a $W(xi)=0$, tandis que pour $x=\pm$ nombre composé c, on a

(10) $$W(xi)=\pm\pi\sum\left(a_{k-2,\frac{c}{k}}+ib_{k-2,\frac{c}{k}}\right),$$

où l'indice k parcourt la suite des diviseurs de c autres que 1 et c, et cette valeur (10) n'est égale à zéro qu'exceptionnellement.

La proposition est donc démontrée. Elle conduit à cette conséquence que $W(x)$ ne peut pas être du genre zéro, car la série des inverses des modules de ses zéros est certainement divergente. Donc *elle est du genre un.*

Chacune des deux intégrales réelles

(11) $$U(x)=\int_0^{2\pi}u(t)\cos xt\,dt,\qquad V(t)=\int^{2\pi}u(t)\sin xt\,dt.$$

représente donc une fonction entière de x du genre un, s'annulant pour tout nombre premier x et différent de zéro pour tout nombre composé.

Tout ceci subsiste dans le cas particulier où

(12) $$f_n(z)=A_n f(z)$$

où $f(z)$ est une fonction dont la partie réelle sur le cercle C, ainsi que celle de la série

(13) $$\sum_{n=2}^{n=\infty}A_n f(z^n)z^{2n}$$

sont développables en série trigonométrique pour toute valeur de l'argument de z compris dans l'intervalle $(0, 2\pi)$, intégrable dans cet intervalle ; les A_n sont des nombres réels ou imaginaires tels que la série ΣA_n converge.

Dans le cas des A_n réels, en désignant par α_m et β_m les coefficients de $\cos mt$ et de $\sin mt$ dans le développement de la partie réelle de $f(z^n) z^{2n}$ sur le cercle C, on aura

$$(14) \qquad a_{m,n} = \alpha_m A_n, \qquad b_{m,n} = \beta_m A_n.$$

En prenant par exemple

$$f(z) = e^z, \qquad A_n = \frac{1}{n!},$$

la fonction $u(t)$ coïncidera avec la fonction entière de t

$$(15) \qquad u(t) = \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{1}{n!} e^{\cos nt} \cos(2nt + \sin nt),$$

dont l'allure est facile à étudier.

On arrive à des résultats analogues en remplaçant $u(t)$ par le coefficient de i de la série (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination effective des points singuliers d'une fonction analytique donnée par son développement en série de puissances*. Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Théorème I. — *Soit*

$$(1) \qquad f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$$

une fonction n'ayant de points singuliers que sur le cercle de convergence de rayon un, et régulière à l'infini. En désignant par

$$(2) \qquad \Delta_n = a_1 - C_n^1 a_2 + \ldots \pm a_n$$

une différence $n^{\text{ième}}$ *et par* k *la quantité*

$$(3) \qquad k = \overline{\lim} \sqrt[n]{|\Delta_n|}$$

$$\arccos\left(1 - \frac{k^2}{2}\right) = \pm \varphi \qquad (\varphi \geqq 0)$$

l'un des deux points, $e^{\pm i\varphi}$ *est un point singulier de* $f(x)$.

Remarque (a). — Si l'on suppose en outre que la fonction uniforme [1] $f(x)$ n'a qu'un nombre fini de points singuliers (tous situés sur le cercle de convergence) *on peut de plus immédiatement discerner lequel de ces deux points, $e^{i\varphi}$ ou $e^{-i\varphi}$, est un point singulier* (ou si tous les deux le sont). Il n'y a par exemple qu'à considérer la série $\Sigma a_n e^{ni(\pi-\varphi)} x^n$ et former pour cette série, le nombre k_1, comme nous avons formé le nombre k pour $\Sigma a_n x^n$; pour que $e^{i\varphi}$ soit singulier, il faut et il suffit qu'on ait $k_1 = 2$.

Le point $e^{\pm i\varphi}$ est le point singulier le plus rapproché du point d'affixe -1. [Nous restons maintenant dans l'hypothèse que $f(x)$ n'a qu'un nombre fini de points singuliers].

Dans ces dernières hypothèses, *on peut alors calculer de proche en proche les affixes de tous les points singuliers de $f(x)$.*

Pour cela, il n'y a qu'à considérer successivement les séries

$$a_0 + a_1 e^{\frac{iq\pi}{2^r}} x + \ldots + e^{inq\frac{\pi}{2^r}} x^n + \ldots,$$

en faisant passer successivement q par toutes les valeurs $q < 2^{\nu+r}$, r étant un entier fixe, et en faisant ensuite croître r par valeurs entières positives.

On formera, pour chacune de ces séries, les expressions (2) en appliquant ensuite la remarque (a).

On aura ainsi calculé les affixes de tous les points singuliers de $f(x)$ après un nombre fini d'opérations ($r = 1, 2, \ldots, p$).

Mais pour savoir le moment où tous les points singuliers sont déterminés il faut connaître à l'avance leur nombre.

La démonstration du théorème I ainsi que de toutes ses conséquences s'appuie sur le théorème d'Hurwitz d'après lequel si les seuls points singuliers de la série

$$\text{(A)} \qquad \sum \frac{\alpha_n}{z^{n+1}}$$

sont les points d'affixes α, les seuls points singuliers de la série

$$\text{(B)} \qquad \sum \frac{\beta_n}{z^{n+1}}$$

les points d'affixes β, alors les seuls points singuliers possibles de la série

$$\sum \frac{\alpha_0 \beta_m + C_m^1 \alpha_1 \beta_{m-1} - \ldots \pm \beta_m}{z^{m+1}}$$

sont les points d'affixes $\alpha + \beta$.

---

[1] On supposera dès maintenant que $f(x)$ est uniforme.

On prend pour (A) la série

$$\frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{z^2} + \ldots$$

et pour (B) la série

$$\frac{1}{z} - \frac{1}{z^2} + \ldots.$$

Nous démontrons aussi par une autre méthode le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *La suite λ_n de nombres entiers positifs étant donnée, s'il existe une suite de nombres complexes a_n tels que la série $\Sigma a_n X^{\lambda_n}$ n'admette qu'un nombre fini de points singuliers, tous contenus dans un angle d'ouverture $\vartheta (< \pi)$ avec sommet à l'origine, cette fonction restant régulière à l'infini, alors, quelle que soit la suite de nombres b'_n, la série $\Sigma b_n X^{\lambda'_n}$, où λ'_n est la suite complémentaire à la suite λ_n (c'est-à-dire la suite λ'_n contient tous les entiers positifs qui ne sont pas contenus dans λ_n), admet sur le cercle de convergence au moins $\left[\frac{2\pi}{\vartheta}\right]$ points singuliers [(a) signifie le plus grand entier inférieur à a].*

Nous développerons cette Note dans un Mémoire plus étendu.

CALCUL VECTORIEL. — *Sur un théorème de calcul vectoriel.* Note de M. **J. Sudria**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'une des applications classiques du calcul vectoriel au calcul intégral est celle qui se résume par l'égalité vectorielle

$$\int_\tau \operatorname{rot} \mathbf{h}\, d\tau = \int_S \mathbf{h} \wedge \mathbf{n}\, ds,$$

la première intégrale étant étendue à un volume τ, l'autre à la surface S limitant ce volume; $\mathbf{h}$ est un vecteur fonction d'un point P et $\mathbf{n}$ un vecteur unité porté par la demi-normale extérieure en un point P de l'élément ds.

Dans le cas où $\mathbf{h}$ est lui-même un gradient, l'élément différentiel du premier membre est nul; en effet

$$\operatorname{rot}(\operatorname{grad} u) = 0;$$

donc, quelle que soit la surface S,

$$(1) \qquad \int_S \operatorname{grad} u \wedge \mathbf{n}\, dS = 0.$$

Traçons sur cette surface une ligne fermée; elle détermine sur S deux régions S_1 et S_2. Désignons par $\mathbf{n}_1$ un vecteur unité porté par la demi-normale extérieure au volume τ et par $\mathbf{n}_2$ un vecteur unité porté par la demi-normale intérieure; l'égalité (1) entraîne

$$(2) \qquad \int_{S_1} \operatorname{grad} u \wedge \mathbf{n}_1 \, ds_1 = \int_{S_2} \operatorname{grad} u \wedge \mathbf{n}_2 \, ds_2.$$

On peut d'ailleurs remplacer la surface S_2 par une autre passant par le même contour, l'égalité subsiste. L'intégrale doit donc pouvoir s'obtenir sans faire intervenir directement la surface S_1, mais bien par une opération agissant directement sur le contour C [1].

C'est d'ailleurs par un raisonnement de ce genre, appliqué à la relation

$$\int_{\tau} \operatorname{div} \mathbf{h} \, d\tau = \int_{S} \mathbf{h} \times \mathbf{n} \, dS$$

que l'on arrive à la formule de Stokes.

Le théorème que nous avons en vue est la traduction de l'égalité :

$$(\text{A}) \qquad \int_{S} \mathbf{n} \wedge \operatorname{grad} u \, dS = \int_{C} u \, d\mathbf{P},$$

S étant une surface limitée par le contour C, $\mathbf{n}$ un vecteur unité porté par la demi-normale à ds du côté choisi sur la surface. Le contour est supposé parcouru dans le sens direct, pour un observateur placé suivant la demi-normale en un point P quelconque, les pieds sur la surface et la tête au point $P + \mathbf{n}$. Le sens direct est celui dont on se sert dans la définition du produit vectoriel.

Pour démontrer le théorème, remplaçons le contour C par un polygone inscrit et la surface S par le polyèdre obtenu en joignant un point quelconque M aux sommets du polygone; si l'égalité (A) est démontrée pour ce contour et cette surface, il suffira de faire tendre le polygone vers le contour, pour que cette égalité soit démontrée relativement au contour et à un cône de sommet M, limité par C. Puis, d'après l'égalité (2), on pourra remplacer la surface du cône par S et le théorème sera établi d'une manière générale. Prenons donc le cas du polyèdre; le procédé classique de fragmentation permet de se ramener au cas d'une portion de surface plane et, mieux encore, à un parallélogramme élémentaire dont les côtés sont $AB = dP$ et

(1) V. Burali-Forti et Marcolongo, *Calcolo vettoriale*, 2ª ediz., Capitolo 2.

AD $=\delta$P. Dans ce cas, l'intégrale de surface peut s'écrire :

$$\int_{\text{surf. ABCD}} (d\mathbf{P} \wedge \delta\mathbf{P}) \wedge \operatorname{grad} u = \int_{\text{surf.}} (\operatorname{grad} u\, d\mathbf{P}\, \delta\mathbf{P} - \operatorname{grad} u\, \delta\mathbf{P}\, d\mathbf{P})$$

$$= \int_{\text{surf. ABCD}} (du\, \delta\mathbf{P} - \delta u\, d\mathbf{P})$$

$$= \int_{\text{surf. ABCD}} d(u\, \delta\mathbf{P}) - \delta(u\, d\mathbf{P})$$

ou, en faisant usage du seul symbole d pour désigner le déplacement du point P,

$$\int_{\text{AB+BC+CD+DA}} u\, d\mathbf{P}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Le théorème ainsi démontré offre une analogie de forme avec le théorème de Stokes, mais il diffère essentiellement de celui-ci. Il se prête, en électromagnétisme, à des démonstrations directes et dispense de l'emploi des coordonnées; il permet d'établir rapidement la formule de Neumann donnant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits.

MÉCANIQUE. — *Sur une méthode expérimentale d'étude du fonctionnement des courroies.* Note (¹) de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

Chaque élément d'une courroie en fonctionnement subit des variations de longueur en relation avec la tension à laquelle il est soumis. La mesure de sa vitesse en un point quelconque présente ainsi un grand intérêt. On y parvient par les deux procédés stroboscopiques suivants :

1° Par comparaison de la vitesse d'un point de la courroie à celle de la poulie. Une petite roue caoutchoutée très mobile autour de son axe est maintenue par une légère pression en contact avec la courroie en un point de sa jante. Une autre roue également caoutchoutée et de diamètre sensiblement égal roule sur la poulie dans un plan parallèle à celui de la première. Ces roues forment une sorte de chariot à deux roues; leurs axes sont sensiblement dans le prolongement l'un de l'autre. Elles sont pleines et percées chacune d'un trou d'environ un centimètre de diamètre. Un disque de carton bien éclairé est placé d'un côté de la poulie; l'observa-

(¹) Séance du 8 février 1926.

teur, placé de l'autre côté, aperçoit ce disque à travers les trous des deux roues chaque fois que ces trous sont sensiblement en coïncidence.

Si une roue fait n tours de plus que l'autre par minute, la lumière est visible n fois par minute ; elle se présente sous forme d'une traînée lumineuse qui tourne dans le même sens que les roues si la roue qui est la plus voisine de la surface éclairée tourne plus vite que l'autre. Elle tourne en sens inverse si, au contraire, la roue qui tourne le plus vite est la plus voisine de l'observateur.

2° On mesure directement la différence de vitesse en deux points de la courroie comprenant entre eux un arc donné.

On emploie à cet effet un chariot *tandem* dans lequel les roues se meuvent dans un même plan et sont portées par un même châssis qui peut prendre toutes les positions, autour d'un axe parallèle à celui des roues. Comme pour le chariot précédent, les roues sont pleines et percées chacune d'un trou ; une lumière placée en face d'une des roues peut être perçue par un observateur placé en face de l'autre roue et du même côté que celui d'où vient la lumière, grâce à une double réflexion de la lumière qui a traversé le trou de la première roue sur un miroir incliné à 45° sur les rayons incidents et fixé sur le châssis du chariot ; puis un deuxième miroir porté également par le châssis, incliné à 45° sur ces rayons réfléchis et disposé convenablement en face de la deuxième roue.

De la connaissance de la différence des nombres de tours N_1 et N_2 faits par minute par les deux roues 1 et 2, on déduit immédiatement la différence de leurs vitesses linéaires V_1 et V_2 par la relation $V_1 - V_2 = N_1 C_1 - N_2 C_2$, C_1 C_2 étant les circonférences des roues.

Les vitesses V_1 et V_2 des deux roues C_1 et C_2 sont également celles des points M_1 et M_2 de la courroie ou de la poulie avec lesquels ces roues sont en contact, à condition 1° que le contact soit permanent et 2° qu'il n'y ait pas de glissement des roues du chariot. La réalisation de ces deux conditions est essentielle et je me bornerai aujourd'hui à montrer comment on peut en être assuré.

La régularité des résultats obtenus est déjà un critérium important, mais on obtient une vérification directe de la manière suivante :

Tournons la poulie à la main et faisons rouler les roues C_1 et C_2 du chariot toutes les deux sur la poulie et en des régions de diamètres connus.

Pour un nombre entier N' de tours de la poulie, la roue 1 a décrit N'_1 tours entiers plus une longueur L_1 ; pour N'' tours de la poulie, la roue 2 fait N''_2 tours entiers plus une longueur L_2 ; de sorte que l'on a en désignant

par C′ la circonférence de la poulie sur laquelle roule la roue 1, par C″ celle sur laquelle roule la roue 2

$$N'C' = N'_1 C_1 + L_1,$$
$$N''C'' = N'_2 C_2 + L_2;$$

d'où

$$\frac{C'}{C_1} = \frac{N'_1}{N'} + \frac{L_1}{N'C_1}, \qquad \frac{C''}{C_2} = \frac{N''_2}{N''} + \frac{L_2}{N''C_2}.$$

Si l'on choisit les nombres entiers N', N'_1, N'', N''_2 tels que L_1 et L_2 ne soient qu'une très petite fraction des circonférences C_1 et C_2, les rapports $\frac{C'}{C_1}$ et $\frac{C''}{C_2}$ sont déterminés avec une très grande précision.

Ensuite, lorsque les roues du chariot roulent sur les mêmes circonférences de la poulie, celle-ci étant entraînée à la vitesse de N tours par minute, la différence des vitesses N_1 et N_2 est $N_1 - N_2 = N\left(\frac{C'}{C_1} - \frac{C''}{C_2}\right)$.

J'ai comparé cette différence ainsi mesurée et calculée à la différence mesurée par la méthode stroboscopique et les deux résultats obtenus ne diffèrent tout au plus que de 1 à 2 tours de roues.

Ce résultat est tout à fait satisfaisant, si l'on remarque qu'une erreur de $\frac{1}{1000}$ faite sur les rapports $\frac{C'}{C_1}$ et $\frac{C''}{C_2}$ entraîne une erreur de 1 à 3 tours sur la différence $N_1 - N_2$; les diamètres de la poulie et des roues sont en effet de 200^{mm} et 150^{mm}.

On obtient une deuxième vérification de la méthode en faisant deux mesures successives de la vitesse de deux points m_1 et m_2 appartenant à la poulie (ou à la courroie) et passant par les deux points M_1 et M_2 fixes dans l'espace *à la même vitesse*.

Dans une première mesure, on fait rouler la roue 1 au point de contact M_1 et la roue 2 au point de contact M_2; dans une deuxième mesure, avec la même vitesse de la poulie, on intervertit la position des roues.

Si N'_1 et N'_2 sont les nombres de tours des roues dans la première expérience, N''_1 et N''_2 ces nombres dans la deuxième, on a $N'_1 - N'_2 = -(N''_1 - N''_2)$, à moins d'un centième près, car C_1 et C_2 sont égaux très sensiblement.

L'expérience a vérifié cette relation; la première mesure donnait par exemple 5 apparitions de la lumière, entraînée dans le sens de la rotation des roues, et la deuxième en donnait 4,8 tournant en sens inverse.

AÉRODYNAMIQUE. — *Équations intrinsèques du mouvement plan parallèle des fluides visqueux incompressibles en régime permanent.* Note de M. M. GIRAULT, présentée par M. Hadamard.

Nous appelons ainsi les équations du mouvement du fluide écrites, en se plaçant en un point, et en prenant comme variables :

1° La longueur d'arc s du filet fluide passant en ce point pris pour origine;

2° La longueur d'arc a de la courbe orthogonale au filet fluide passant en ce point pris pour origine.

Les équations ainsi écrites ne permettent pas plus aisément que les équations classiques, de résoudre les problèmes de l'écoulement des fluides autour d'obstacles, mais elles permettent une analyse beaucoup plus facile des variations des différentes fonctions, qui caractérisent le fluide. L'introduction aisée des rayons de courbure du filet fluide et de la courbe orthogonale montre l'influence des éléments géométriques de l'écoulement.

Elles font voir comment, dans les couches fluides qui enveloppent les corps, et où l'influence de la viscosité est forte, les grandes variations de vitesses ne sont, en général, accompagnées que de petites variations de pression qui, dans certains cas, peuvent être rigoureusement nulles.

Elles permettent de modifier les résultats trouvés pour les pressions élémentaires exercées sur un corps, quand on suppose le fluide parfait, en tenant compte de la viscosité au voisinage du corps, et en se basant sur la connaissance expérimentale de la variation de la vitesse dans cette région.

En prenant comme axes la tangente et la normale au filet fluide, les équations du mouvement des fluides visqueux conduisent au point considéré aux relations :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = X - V\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho}\left|\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + V\left(\frac{\partial^2 \alpha}{x^2} + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial y^2}\right)\right|,$$
$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = Y - \frac{V^2}{R} + \frac{\mu}{\rho}\left|2\frac{\partial V}{\partial x}\frac{\partial \beta}{\partial x} + 2\frac{\partial V}{\partial y}\frac{\partial \beta}{\partial y} + V\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \beta}{\partial y^2}\right)\right|,$$

où α et β sont les cosinus directeurs de la tangente à la courbe, et R le rayon de courbure.

En prenant comme variables s et a, et en introduisant les rayons de courbure R et R′ du filet et de la courbe orthogonale aux filets on obtient les

équations :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s} = X - V\frac{\partial V}{\partial s} + \frac{\mu}{\rho}\left[\frac{\partial^2 V}{\partial s^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial a^2} - \frac{1}{R}\frac{\partial V}{\partial a} + \frac{1}{R'}\frac{\partial V}{\partial s} - V\left(\frac{1}{R^2} + \frac{1}{R'^2}\right)\right],$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial a} = Y - \frac{V^2}{R} \quad + \frac{\mu}{\rho}\left[\frac{2}{R}\frac{\partial V}{\partial s} + \frac{2}{R'}\frac{\partial V}{\partial a} - V\left(\frac{1}{R^2}\frac{\partial R}{\partial s} + \frac{1}{R'^2}\frac{\partial R'}{\partial a}\right)\right].$$

L'équation de continuité devient :

$$\frac{\partial V}{\partial s} = -\frac{V}{R'}.$$

Dans ces équations, R' est affecté du signe + si le centre de courbure de la courbe orthogonale se trouve du côté des $s < 0$, et du signe — dans le cas contraire.

Le vecteur tourbillon ζ a pour expression :

$$\zeta = \frac{1}{2}\left|\frac{V}{R} - \frac{\partial V}{\partial a}\right|.$$

Si l'on tient compte de cette expression et de l'équation de continuité, les équations peuvent se mettre sous la forme :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s} = \frac{V^2}{R'} \quad + \frac{\mu}{\rho}\left[\frac{V}{R'^2}\left(\frac{\partial R'}{\partial s} - 1\right) - \frac{V}{R^2}\left(\frac{\partial R}{\partial a} + 1\right) - 2\frac{\partial \zeta}{\partial a}\right],$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial a} = -\frac{V^2}{R} + \frac{\mu}{\rho}\left[-\frac{4\zeta}{R'} - V\left(\frac{1}{R^2}\frac{\partial R}{\partial s} + \frac{1}{R'^2}\frac{\partial R'}{\partial a}\right)\right].$$

Le champ de vitesses de lignes de courant circulaires (cas d'un cylindre tournant) se déduit immédiatement de la première équation. C'est $\zeta = \text{const}$. Les pressions sont données par la deuxième

$$\frac{dp}{dR} = \rho\frac{V^2}{R}.$$

Si l'on fait $\mu = 0$, les deux équations conduisent immédiatement par dérivation au théorème de Bernoulli.

La deuxième équation est particulièrement intéressante au point de vue aérodynamique. Elle donne la variation de pression quand on se rapproche du corps, dans la région où la viscosité joue un rôle important. Si l'on tient compte des résultats obtenus (ci-dessous, p. 446) par M. Rocard, qui montre que $\frac{\partial V}{\partial a}$ est nul à la paroi, la deuxième équation donne $\frac{dp}{da} = 0$ à la paroi. On en conclut que la correction de pression, à apporter aux résultats trouvés sur des profils

d'ailes en supposant le fluide parfait, est d'autant plus grande, que l'épaisseur de la couche où la viscosité se fait sentir est plus grande, et que la valeur de $\frac{dp}{da} = -\frac{\rho V^2}{R}$ à la paroi obtenue en considérant le fluide comme parfait est plus grande. La correction sera donc importante aux points du profil où V est grand et R petit. Les divergences obtenues entre les résultats expérimentaux, et ceux donnés par différentes théories où l'on suppose le fluide parfait, s'expliquent bien par cette remarque.

C'est également ces équations qu'il faudrait appliquer au problème des cylindres tournant dans un courant d'air (effet Magnus), le théorème de la circulation des vitesses de Kutta-Joukowski ne s'appliquant plus, car il relie les pressions aux vitesses par le théorème de Bernoulli.

AÉRODYNAMIQUE. — *Conditions à la paroi des problèmes d'aérodynamique fournies par la théorie cinétique des gaz.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Hadamard.

La relation $\frac{\partial V}{\partial a} = 0$ à la paroi, qu'utilise M. Girault dans la Communication ci-dessus (p. 444), est un des résultats auxquels conduit la méthode (¹) que j'ai donnée pour trouver les conditions aux limites des problèmes d'hydrodynamique par la théorie cinétique des gaz. Cette méthode consiste à écrire que les molécules arrivant dans le temps dt sur la surface ds de la paroi avec une vitesse comprise entre U et $U + dU$, V et $V + dV$, W et $W + dW$, sont aussi nombreuses que celles qui sont réfléchies dans le même temps par la même surface avec une vitesse déduite de u, v, w par les lois de la réflexion ordinaire : on obtient ainsi pour la fonction de distribution des vitesses une équation fonctionnelle qui en détermine les coefficients. Voici les résultats obtenus en prenant la fonction de distribution de Chapman, qui est l'approximation correspondant aux fluides visqueux de l'hydrodynamique.

Supposons l'axe Ox normal à la paroi, Oy, Oz dans son plan tangent, soient u, v, w la vitesse du gaz et u_0, v_0, w_0 la vitesse du corps au point considéré de la paroi ; soient encore T la température absolue et ρ la densité du

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1882.

gaz en ce point, on a :

$$(1)\quad \begin{cases} u = u_0, \quad \dfrac{\partial T}{\partial x} = 0, \quad \dfrac{d \log \rho}{dt} + \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial z} = 0, \\ 2\dfrac{\partial u}{\partial x} - \dfrac{\partial v}{\partial y} - \dfrac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad \dfrac{\partial w}{\partial x} + \dfrac{\partial u}{\partial z} = 0, \quad \dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{\partial v}{\partial x} = 0. \end{cases}$$

La troisième équation est l'équation de continuité. Si l'on se borne à un mouvement plan, en se référant à l'élégante méthode introduite par M. Girault et en adoptant ses notations, on arrive aux équations à la paroi :

$$(2)\quad \frac{V}{R'} = -\frac{2}{3}\frac{d\log\rho}{dt}, \quad \frac{\partial V}{\partial s} = -\frac{1}{3}\frac{d\log\rho}{dt}, \quad \frac{\partial V}{\partial a} = -\frac{V}{R}.$$

La relation $u = u_0$ exige que la paroi soit un filet fluide; alors la deuxième équation (2) s'intègre et conduit à $V\rho^{\frac{1}{3}} =$ const. le long de la paroi. Si, comme cela a lieu en général, il y a un point de la paroi où la vitesse relative du gaz est nulle, on en déduit que la constante est nulle et que le gaz est en repos relatif à la paroi : $V = 0$. D'après la dernière équation (2) on a alors $\frac{\partial V}{\partial a} = 0$.

Il serait intéressant d'obtenir une confirmation expérimentale de cette dernière conclusion : les mesures de Zijnen (*Thèse* de Delft, 1924), qui a étudié la vitesse d'un courant fluide au voisinage immédiat d'une paroi de verre, lui sont nettement favorables si toutefois on considère comme sûres les déterminations de vitesses faites à quelques $0^{mm},01$ de la paroi dans la région où les perturbations du bord d'attaque ne se font plus sentir.

En tout cas, nous avons pu établir que les conditions (1) étaient précisément les conditions pour que l'évaluation cinétique de la résistance à l'avancement (calculée par l'accroissement de force vive communiquée par le corps aux molécules venant le frapper) d'une part, coïncide avec l'évaluation hydrodynamique (résultante des pressions élémentaires) et d'autre part, ne dépende pas dans sa forme même du modèle moléculaire choisi. Ce résultat donne un intérêt tout particulier à ces relations (1), qui cependant ne sont établies que pour des molécules subissant *en moyenne* la réflexion régulière sur la paroi. Le cas d'une autre loi de réflexion soulève des difficultés spéciales.

Si l'on admet la validité de la fonction de distribution de Chapman au voisinage de la paroi dans le cas d'un échange de température entre le corps et le gaz, on peut alors se rendre compte de la modification qu'ap-

porte ce phénomène à la résistance à l'avancement. On trouve qu'il faut multiplier chaque pression élémentaire par la quantité

$$1 - \frac{45}{2} \frac{\eta}{\rho} \sqrt{\frac{M}{RT}} \frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial n} (1 + \varepsilon),$$

où η est coefficient de viscosité du gaz de masse moléculaire M; $\frac{\partial T}{\partial n}$ le gradient de température sur la normale à la paroi du corps; ε le nombre en général petit dépendant du modèle moléculaire choisi.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *De la température des taches solaires.* Note de M. V. **Bjerknes**, présentée par M. Deslandres.

Comme je l'ai développé dans une Note récente (¹), un tourbillon horizontal, dont l'intensité croît d'en bas vers le haut, agit comme une pompe centrifuge, en élevant des masses dans la région de son axe. L'expansion adiabatique des masses élevées produit une dépression de température dans les parties centrales du tourbillon. En supposant que les taches solaires soient des tourbillons de cette espèce on arrive à une explication paraissant plausible du fait que les parties centrales de ces taches possèdent un éclat lumineux plus faible que les parties voisines de la photosphère.

Mais considérons maintenant le cas inverse du cas précédent. Soit le mouvement tourbillonnaire qui offre un minimum à la surface, en croissant d'en haut vers le bas. Le tourbillon agira donc comme une pompe centrifuge renversée. Les masses dans les parties centrales sont sucées vers le bas, et s'échauffent par la compression adiabatique. On arrive au cas réciproque du cas précédent, soit à un tourbillon à noyau chaud.

Il n'y a pas, cependant, réciprocité complète entre les deux cas. Dans le tourbillon à noyau froid les masses formant la surface libre viennent directement d'en bas, et sont directement refroidies par l'expansion adiabatique. Dans le tourbillon à noyau chaud, au contraire, la couche superficielle se constitue de masses qui viennent des parties plus distantes de la surface, sans subir de compression adiabatique. Le noyau chaud de ce tourbillon est donc primairement un phénomène subphotosphérique. Mais la radiation intense de ce noyau ne tardera pas à chauffer aussi la couche superficielle.

Ainsi, par des mouvements tourbillonnaires on peut expliquer l'exis-

(¹) Voir *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 48.

tence, soit de parties locales refroidies, soit de parties locales surchauffées du Soleil.

Je n'entrerai pas dans une discussion des questions délicates qui se rattachent aux relations de température, d'éclat lumineux, et de quantité de chaleur rayonnante sous les conditions qui président au Soleil. Mais M. Deslandres a fixé mon attention vers le fait singulier qu'on a signalé des taches solaires dont le centre, malgré l'éclat lumineux plus faible, émettait une quantité de chaleur rayonnante plus grande que les parties voisines de la photosphère. S'il en est réellement ainsi, et si pour expliquer cet excès de radiation il faut admettre une température élevée dans le centre de la tache, cela ne présentera pas de difficulté du point de vue de la théorie tourbillonnaire des taches solaires.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de la détection.*

Note (¹) de M. **H. Pélabon**, présentée par M. G. Ferrié.

On sait qu'un détecteur peut être constitué par deux conducteurs placés à une très faible distance d, à condition de maintenir celle-ci sensiblement constante par interposition de granules d'un diélectrique très mauvais conducteur et élastique (²).

La valeur de d est certainement comprise entre celle d'un λ lumineux et celle d'un λ de rayons X, les deux conducteurs peuvent être ou non de même nature, les surfaces en regard doivent avoir des rayons de courbure différents. Je suppose par exemple que l'un des conducteurs est une sphère S et l'autre une lame plane P.

Le rôle des granules diélectriques est double : 1° Ils empêchent les deux conducteurs de se rapprocher par l'effet de la dilatation des pièces métalliques de l'appareil; comme on exerce d'autre part une légère pression sur la sphère, l'éloignement est également impossible; 2° Ils jouent le rôle de ressorts, c'est-à-dire qu'ils se comportent à la manière du frappeur dans le cohéreur de Branly.

Je crois avoir suffisamment insisté sur le premier rôle joué par les grains des mauvais conducteurs. Voyons comment ces parcelles diélectriques se comportent quand un courant de haute fréquence passe dans le détecteur.

(¹) Séance du 1er février 1926.

(²) Pélabon, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 124.

Il suffit de lire les conclusions de l'importante thèse de Blanc [1] pour trouver une solution *approchée* de la question.

Sous l'effet de la pression électrostatique : $\frac{KV^2}{8\pi e^2}$ (K pouvoir inducteur spécifique du diélectrique, V différence de potentiel des deux conducteurs, e épaisseur de la lame d'air), les deux conducteurs se rapprochent, car à cause de la valeur très faible de e la pression p acquiert une valeur notable qui croît du reste très rapidement quand e diminue. Les granules isolants sont de ce fait comprimés et exercent une force antagoniste qui croît également dans les mêmes circonstances, à chaque instant ces deux forces s'équilibrent. Quand V s'annule, p s'annule aussi, les granules comprimés se détendent et éloignent le conducteur de plus faible masse; immédiatement une nouvelle attraction se produit et ainsi de suite de sorte que le système matériel entre en vibration. Ces vibrations ont été mises en évidence par les expériences de Dongier et Brasier [2] et par celles de M[lle] Collet [3].

Pendant ces oscillations des pièces conductrices, la distance e varie de $e - a$ à $e + a$, la pression électrostatique est maxima chaque fois que la distance des conducteurs est $e - a$, elle est au contraire nulle quand cette distance est $e + a$. La sphère à la distance $e - a$ est alternativement positive et négative. Supposons qu'elle soit négative, la densité superficielle de l'électricité négative, d'autant plus grande que le rayon de courbure est plus faible, poura atteindre une valeur suffisante pour que des électrons puissent franchir l'espace si petit qui sépare les deux conducteurs. Les ondes électromagnétiques variées qui sillonnent l'espace et qui tombent directement sur le détecteur ne doivent pas paralyser ce départ d'électrons, au contraire.

Il y aura donc à l'instant considéré un courant d'intensité I allant de la plaque à la sphère. Le même raisonnement s'appliquera dans le cas de la sphère positive, mais alors pour une même valeur de p, la densité de l'électricité négative sur le conducteur plan aura une valeur moindre que dans le cas précédent, des électrons seront projetés mais en moins grand nombre sur la sphère, le courant qui en résultera sera dirigé dans le sens sphère-conducteur plan mais son intensité i sera moindre que I. A l'aide d'un

---

(1) BLANC, *Thèse*, Faculté des sciences de Paris, 1905.

(2) DONGIER, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 587.

(3) P. COLLET, *Ann. de Phys.*, 15, 1921, p. 325.

ampèremètre très sensible on constatera le passage d'un courant dans le sens plaque-sphère. Ce résultat est en complet accord avec l'expérience.

D'après cela, les particules isolantes auxquelles on demande de jouer le rôle de ressorts doivent être très élastiques, avoir les dimensions voulues pour que la distance de détection soit presque réalisée pour une pression très faible, en un mot, le rôle purement mécanique qu'elles doivent jouer doit être facilité le plus possible.

Bref, les granules interposés produisent l'autodécohération.

Il semble résulter des travaux déjà cités de M^lle Collet et de la Note récente de P. Gaubert (¹) que, dans le détecteur à galène, le composé lui-même est un simple conducteur et que la pointe est calée ou par le soufre libre des galènes sensibles ou par une impureté isolante qui, d'après Gaubert, se dépose de préférence sur les faces (III).

SPECTROSCOPIE. — *Sur un second spectre d'étincelle du néon.* Note de MM. **Léon Bloch**, **Eugène Bloch** et **Georges Déjardin**, présentée par M. Brillouin.

La méthode de la décharge oscillante dans un tube sans électrodes nous a permis de reconnaître dans les spectres « bleus » de l'argon, du crypton et du xénon trois degrés d'excitation successifs. Dans le cas du néon, nous avons reconnu un spectre d'étincelle nettement différencié du spectre d'arc, mais nos premières recherches n'avaient pas permis de reconnaître pour ce gaz de spectre d'étincelle d'ordre supérieur.

A la suite de nouvelles expériences portant sur différents tubes de silice contenant du néon à des pressions variées, nous avons obtenu un second spectre entièrement nouveau du néon, qu'il paraît raisonnable de considérer comme le spectre d'étincelle du second ordre de cet élément Ne III. Ce spectre, comme les spectres correspondants des autres gaz rares, est tout entier situé dans l'ultraviolet, les raies les plus fortes et les plus caractéristiques se trouvant comprises entre 3000 et 2600 A.

Le tableau suivant contient la liste des raies du spectre d'étincelle du second ordre du néon, telles qu'elles ont été mesurées sur de nombreux clichés, avec une précision de 0,05 A. environ. Une Table complémentaire contient un certain nombre de raies, en général faibles, qui n'ont pas été

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 143.

rencontrées régulièrement sur tous les clichés et dont l'attribution au spectre Ne III reste douteuse, surtout pour les raies marquées du signe ?.

Table principale.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2	3786,29	6	2866,60	3	2785,28	5	2610,04
1	83,92	0	27,98	2	83,01	6	2595,66
1	82,31	2	25,91	5	77,60	6	93,57
1	71,64	1	25,39	2	66,98	7	90,01
1	3267,22	2	24,55	2 d. v.	64,66	1	07,08
3	65,37	4	22,97	3	2678,65	4	2473,40
3	60,87	0	21,68	5	77,90	2	13,77
1	38,47	0	20,44	1	42,38	3	12,85
2	3043,02	1	18,88	3	41,11	1	2367,04
2	24,63	0	02,27	3	38,71	1	2365,73
2	23,50	1	00,19	4	15,86	1	65,38
5	2983,82	0	2798,96	1	14,51	2	63,26
2	05,89	3	2787,74	4	13,41	1	62,84
1	2895,05	2	86,90	1	11,44	1	57,98
1	93,11	2	86,17	0	10,71	0	52,51

Table complémentaire.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
0	3965,65?	2	3284,52?	1	2727,03	1	2373,25
2	61,81?	1	81,87?	0	2699,64?	0	72,00
4	20,95	0	3178,23	1	86,14	1	2273,55
1	3813,69?	1	2959,68	1	74,64	0	66,05
3	3759,87?	0	01,80	1	65,67?	0	64,81
1	57,23?	0	2897,65	1	56,92	0	63,17
1	03,41	0	74,47	1	45,60		
2	3350,85	1	40,75	0	40,57		
2	40,85	0	2766,03	0	39,22		

SPECTROSCOPIE. — *Excitation du second spectre du néon par choc électronique.* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. A. Cotton.

L'analyse spectroscopique de la décharge lumineuse dans un tube sans électrodes a permis récemment de caractériser avec certitude, dans le cas du néon, un second spectre analogue aux spectres bleus bien connus de l'argon, du krypton et du xénon (1).

(1) L. Bloch, E. Bloch et G. Déjardin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 731.

J'ai recherché, par la méthode du choc électronique, les conditions d'excitation de ce nouveau spectre.

L'appareil utilisé est un tube à trois électrodes (filament de tungstène, grille et disque de platine) rempli de néon pur (¹) sous faible pression. Lorsqu'une tension suffisante est appliquée entre le filament incandescent et l'anode, on observe, dans la région traversée par le flux d'électrons, une luminosité qu'il est facile de concentrer au moyen d'un champ magnétique. L'émission est ainsi localisée dans une bande étroite dont on projette l'image sur la fente d'un spectrographe.

Les phénomènes observés dépendent de l'intensité du bombardement électronique et surtout de la pression du gaz. Lorsque celle-ci est de l'ordre du $\frac{1}{100}$ ou du $\frac{1}{10}$ de millimètre de mercure, quelques raies du second spectre du néon apparaissent entre 48 et 50 volts. On distingue en particulier les raies : 3727,09, 3713,07, 3709,66, 3694,19, 3664,05 et 3334,89, *qui sont élargies et renversées* sur certains clichés obtenus au moyen de tubes sans électrodes. D'autres raies, dont l'intensité normale est comparable à celle des précédentes, apparaissent néanmoins sous une tension nettement plus élevée ; il en est ainsi, par exemple, pour les raies : 3574,65, 3568,47, 3232,38 et 3220,13, qui ne peuvent être distinguées avant 52 ou 53 volts.

En augmentant progressivement la différence de potentiel appliquée, on fait apparaître sur les clichés la plupart des raies obtenues par la décharge sans électrodes. On constate que des raies d'intensités comparables présentent souvent des différences d'évolution assez marquées. Le spectre atteint son développement complet vers 60 volts.

L'examen direct des clichés suffit pour découvrir les particularités précédentes. J'ai cependant réussi à les rendre plus nettes en utilisant, dans la région la plus intéressante (3800-3200 Å.), le microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique établi récemment par MM. Chalonge et Lambert (²). On peut ainsi construire, pour chaque raie, une courbe d'intensité qui renseigne sur son évolution à potentiel croissant et qui permet la détermination précise de son potentiel minimum d'excitation.

Pour les gaz lourds de l'air, il existe deux potentiels critiques d'excitation du second spectre, dont la différence est égale au potentiel d'ionisation (³). Ces deux potentiels peuvent être décelés dans le cas du néon, mais le plus bas est moins facile à mettre en évidence qu'avec les autres gaz monoatomiques. Il faut opérer sur du néon peu raréfié et traversé par un

---

(¹) Le gaz a été spécialement purifié par M. A. Lepape.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

(³) *Annales de Physique*, 10ᵉ série, 2, 1924, p. 241.

flux d'électrons très intense pour exciter les raies du second spectre au-dessous de 48 volts. Plusieurs séries d'observations ont été faites dans ces conditions; en particulier, sur les clichés correspondant à une pression de $1^{mm},6$ de mercure, les raies du second spectre sont assez intenses pour qu'on puisse les identifier dès leur apparition et même étudier leur évolution progressive. Les raies qui apparaissent les premières, entre 28 et 30 volts, sont les mêmes qu'à faible pression et les différences d'évolution signalées se reproduisent d'une manière absolument identique.

La vitesse acquise par les électrons ne correspond pas exactement au potentiel appliqué. Il est facile de déduire la correction nécessaire des courbes d'ionisation relatives au mercure et au néon, dont les potentiels d'ionisation sont connus avec précision (10,4 et 21,5 volts) (¹). *En tenant compte de cette correction, on peut fixer à 49 volts et à 28 volts, avec une incertitude voisine de 1 volt, les deux potentiels d'excitation du second spectre du néon.* Leur différence (21 volts) est, dans les limites de précision indiquées, égale au potentiel d'ionisation du gaz.

Les potentiels critiques de l'argon, du krypton et du xénon sont sensiblement proportionnels entre eux. Il semble que cette remarque puisse être étendue au néon, pour lequel le rapport du potentiel supérieur d'excitation du second spectre (49 volts) au potentiel d'ionisation (21,5 volts) est 2,28. Les valeurs de ce rapport sont, pour les autres gaz monoatomiques : 2,24 (argon) et 2,22 (krypton et xénon).

L'interprétation théorique de ces phénomènes est encore très incertaine. On peut considérer les deux potentiels d'excitation du second spectre comme le potentiel d'ionisation de l'ion monovalent et le potentiel d'ionisation double de l'atome neutre. Mais cette conception semble en désaccord avec les résultats fournis par la méthode d'analyse magnétique des rayons positifs (Barton) (²). Elle paraît au contraire justifiée par la comparaison des potentiels critiques déterminés expérimentalement pour les gaz rares et les métaux alcalins qui les suivent dans le Tableau périodique (Mohler) (³). Cependant, dans le cas du néon, le potentiel critique observé vers 28 volts est un peu inférieur au potentiel correspondant du sodium, situé par Mohler au voisinage de 31 volts.

(¹) Hertz, *Zeits. f. Phys.*, 18, 1923, p. 307, et 31, 1925, p. 463.

(²) *Phys. Rev.*, 25, 1925, p. 469.

(³) *Scientific Papers Bureau of Standards*, n° 505, 1925, p. 167.

POLARIMÉTRIE. — *Mutarotation des mélanges de molybdates et de malate d'éthyle. Constitution probable des dérivés molybdomaliques.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note antérieure [1] nous avons signalé que l'acide molybdique et les molybdates agissent à la température ordinaire sur les tartrates neutres de méthyle et d'éthyle. La mutarotation des mélanges d'éther et de molybdate commence à devenir rapide pour les molybdates qui renferment plus de $\frac{1}{4}$ de la base nécessaire à la saturation totale de l'acide molybdique. Dans la même Note, nous avons montré que les composés formés devaient être analogues aux molybdomalates et qu'on obtenait le dimolybdomalate d'Am, dextrogyre et très actif, en chauffant pendant 7 à 8 heures à 100° le malate diéthylique avec le molybdate ordinaire d'Am. L'étude de cette réaction et de la mutarotation qui l'accompagne fournit des renseignements supplémentaires qui font l'objet de la présente Note.

I. L'action de MoO^3 et des molybdates sur le malate diéthylique est nulle à froid; à 100° elle est importante, mais accompagnée, surtout en liqueur acide, d'une réduction de MoO^3; le liquide se teinte en bleu foncé et les observations polarimétriques deviennent difficiles. Pour diminuer l'importance de cette action secondaire, nous avons opéré à 80°. Le mélange, effectué avec des liqueurs maintenues à cette température est versé dans le tube polarimétrique et l'on suit la rotation en fonction du temps, compté à partir du mélange.

II. Comme pour les tartrates, la vitesse de la mutarotation ne devient notable que pour les molybdates plus basiques que $(MoO^4)^2H^3Na$. Elle dépend en outre du rapport éther : MoO^3 et de la concentration totale. Nous avons utilisé l'éther et MoO^3 dans les deux proportions 2 : 1 et 1 : 2 qui correspondent, comme nous l'avons montré, aux deux séries de molybdomalates métalliques. L'éther est employé à la concentration $1^g,90$ ($\frac{1}{100}$ mol.) dans 100^{cm^3} à 80°; les rotations sont mesurées sous 3^{dm} pour la raie verte du mercure; dans ces conditions l'éther pur donne une rotation constante de $-0°,72$. Nous indiquons ci-après quelques nombres qui fixent l'allure des phénomènes.

---

[1] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1140.

A. — *Proportion* $MoO^3 - 2C^4H^4O^5(C^2H^5)^2$. — T désigne le temps (minutes et heures).

a. — $(MoO^4)^2H^3Na$.

T	8m.	27m30s.	48m30s.	106m.	215m	7h.
α_V^{3dm}	—0,74	—0,86	—0,91	—1,12	—1,22	—1,17

b. — $(MoO^4)^2H^2Na^2$.

T	6m15s.	26m45s.	47m30s.	77m.	2h30m.	5h27m.	6h32m.	7h31m.	8h30m.
α_V^{3dm}	—0,86	—1,29	—1,54	—1,77	—2,01	—1,72	—1,55	—1,38	—1,24

c. — MoO^4Na^2.

T	13m.	30m45s.	52m45s.	85m30s.	149m.	3h58m.	5h00m.	5h55m.	7h1m.	8h8m.
α_V^{3dm}	—1,06	—1,49	—1,95	—2,47	—3,31	—3,82	—3,93	—3,99	—4,01	—4,03

d. — $MoO^4Na^2 + NaOH$.

T	8m45s.	24m.	56m.	99m.	2h31m.	4h48m.	5h52m.	6h56m.	7h40m.
α_V^{3dm}	—0,93	—1,09	—1,50	—1,76	—2,05	—2,69	—2,86	—3,00	—3,05

Les courbes $\alpha = f(T)$ partent du point —0,72 et divergent rapidement. MoO^4Na^2 donne les rotations les plus grandes; elles semblent tendre vers une limite.

B. — *Proportion* $2MoO^3 - C^4H^4O^5(C^2H^5)^2$.

a'. — $(MoO^4)^2H^3Na$.

T	18m.	71m.	102m.	134m.
α_V^{3dm}	—0,78	—1,06	—1,12	—1,20

b'. — $(MoO^4)^2H^2Na^2$.

T	12m15s.	21m.	46m.	63m.	87m30s.	172m.	3h32m.	4h44m.	5h33m.
α_V^{3dm}	—1,54	—1,96	—2,85	—3,16	—3,46	—3,44	—3,06	—2,31	—2,04

c'. — MoO^4Na^2.

T	8h30m.	15m45s.	22m30s.	33m45s.	52m15s.	68m30s.	103m15s.	145m15s.	198m30s.	230m.
α_V^{3dm}	—1,00	—1,38	—1,74	—2,24	—3,03	—3,39	—3,84	—4,19	—4,17	—4,09

La rotation, toujours négative, passe par un maximum, puis revient vers zéro. Dans le travail antérieur déjà cité, nous avons montré qu'elle atteint des valeurs positives élevées, qui indiquent la présence du composé $2MoO^3, C^4H^4O^5Na^2$, isolable. Dans les deux cas (A) et (B), le malate d'éthyle est saponifié. Bien que, dans le deuxième cas, l'acide molybdique soit dans les proportions nécessaires pour donner un composé dextrogyre et que, au début, il soit en gros excès par rapport à l'acide malique libre, la

formation du composé droit est précédée de celle d'un composé gauche. La rotation négative maximum est de l'ordre de celle obtenue dans le premier cas; la dispersion rotatoire $\frac{\alpha_{4358}}{\alpha_{5780}}$ est à ce moment 2,17 environ, c'est-à-dire celle des molybdo-dimalates métalliques.

Ces résultats s'expliquent dans l'hypothèse suivante : la saponification du malate diéthylique s'opère en deux temps : 1° Formation du malate acide d'éthyle qui se combine à MoO^3 pour donner un composé gauche

$$MoO^3, 2C^4H^4O^5Na(C^2H^5);$$

c'est celui qui correspond aux proportions $MoO^4Na^2.2C^4H^4O^5(C^2H^5)^2$. 2° Saponification ultérieure du deuxième groupe éthyle donnant le composé droit $4MoO^3, 2C^4H^4O^5Na^2$. Nous avons montré, d'autre part [1], que la formation des complexes exigeait la présence de deux groupes OH en position α. Le malate acide d'éthyle serait donc forcément

$$CO^2H.CHOH.CH^2.CO^2C^2H^5$$

et il serait lié à MoO^3 par les deux OH libres. Du moment que la formation du composé droit exige la saponification du deuxième groupe éthyle, c'est que la liaison entre MoO^3 et l'acide malique est effectuée dans ce composé par les trois groupes OH. Nous espérons apporter prochainement quelques confirmations à cette hypothèse et quelques précisions sur le mécanisme même de la combinaison.

RADIOACTIVITÉ. — *Électromètre destiné à l'étude de faibles manifestations radioactives.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Cet électromètre est spécialement destiné à l'étude des phénomènes radioactifs de faible intensité, tels que ceux produits par les cellules vitales, par les radiations solaires, etc.

L'étude des petites manifestations radioactives nécessite un électromètre de capacité électrostatique aussi réduite que possible, permettant d'effectuer des mesures rapides et d'une grande constance. Cet instrument se compose d'une petite tige métallique verticale, fixée sur un support en quartz dépoli, dont le pouvoir isolant est excellent dans l'air. On constate, en effet, qu'une charge de 40 volts ne donne lieu à aucune perte appréciable

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 629.

après 30 minutes. Une petite lunette grossissante munie d'une échelle micrométrique, permet de déterminer la position d'une feuille d'aluminium de quelques millimètres de largeur, suspendue en face de la tige chargée. Cette tige ainsi que la feuille d'aluminium, sont enfermées dans une enceinte métallique close, dans laquelle se trouve une petite cage entourée d'un réseau à larges mailles. On place dans cette cage les objets à étudier tels que des insectes, de petits animaux, des plantes, des substances minérales. Un récipient renfermant une substance desséchante est disposé dans l'intérieur de la caisse métallique, au-dessous de la cage. Un bouchon en métal disposé au-dessus de la tige chargée, permet de fermer la caisse après chaque charge de l'électromètre.

L'instrument accuse des variations de charge de 2 volts. Grâce à sa capacité très faible, pratiquement négligeable, à la longue conservation de sa charge à vide ainsi qu'à sa grande sensibilité et à sa constance, cet électromètre nous a permis d'effectuer de nombreuses mesures sur les variations de la radioactivité sous l'action solaire directe ou indirecte, et sur la radioactivité des cellules vivantes. L'emploi de la plupart des modèles actuels d'électromètres ne permet pas d'effectuer avec un degré de précision suffisante l'étude de ces phénomènes.

Cet instrument est du reste susceptible d'applications variées dans l'étude des phénomènes radioactifs.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons β par la matière.* Note (1) de M. **J. d'Espine**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (2), j'avais donné quelques valeurs des énergies des rayons β du Ra B + C, obtenues par la méthode radiographique habituelle, en prenant comme étalon la raie $H\rho = 1938$ du Ra B. J'avais employé comme sources des ampoules fines de radon, et je n'avais pas tenu compte du ralentissement des rayons β dû aux parois de verre de l'ampoule. J'ai donc repris l'étude du ralentissement des rayons β par la matière.

J'ai examiné ce ralentissement pour quelques-uns des groupes intenses de rayons β du Ra B et du Th B. J'ai trouvé que la courbe qui représente la diminution du $H\rho$ de la raie très forte du Ra B, de $H\rho = 1938$, en fonc-

(1) Séance du 8 février 1926.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1403.

tion de l'épaisseur des écrans, est une droite jusqu'à des écrans de 20^{mg} par centimètre carré, indépendamment de la nature de l'écran employé. Au delà, la perte de la courbe s'accentue et cesse d'être linéaire. De même, la diminution du $H\rho$ des raies fortes du Th B, de $H\rho = 1398$ et $H\rho = 1764$, se répartit linéairement en fonction des épaisseurs croissantes d'écran. Mes résultats expérimentaux sont très analogues à ceux trouvés par Danysz (1) et récemment par Thibaut (2).

Dispositif expérimental. — J'ai opéré par la méthode habituelle du spectre magnétique des rayons β. J'ai employé deux spectrographes : l'un était du type connu à foyer avec un rayon des trajectoires variant entre 2 et $4^{cm},4$, construit presque entièrement en aluminium suivant un nouveau mode qui sera décrit ultérieurement. L'autre était l'appareil à déviation directe de grandes dimensions employé déjà précédemment (3). Sur une des moitiés des sources linéaires était placée une mince gouttière de l'écran employé comme ralentisseur, ayant aussi exactement que possible la forme de la source.

Une cloison verticale en aluminium était placée au milieu de chaque appareil pour séparer la trajectoire des rayons ralentis de celle des rayons non ralentis qui inscrivaient sur la plaque des raies témoins.

Lors de l'emploi d'ampoules de radon, l'épaisseur de paroi de celles-ci était estimée par le parcours restant des rayons α du Ra C dans l'air, comme le faisait Danysz. Pour le ralentissement des raies du ThB, j'ai employé comme sources des fils d'argent chargés négativement, activés dans l'émanation du Thorium.

Résultats expérimentaux. — Pour les rayons β du Ra B, j'ai étudié le ralentissement des raies $H\rho = 1938$ et $H\rho = 2256$. Les valeurs que j'ai obtenues sont en excellent accord avec celles données par Danysz.

La valeur pour la raie $H\rho = 1938$ notamment, résulte de la moyenne de 15 points de la courbe de ralentissement, obtenus avec 4 métaux différents : aluminium, cuivre, argent et or. Il semble donc bien que, seul compte le poids de l'écran sans qu'intervienne sa nature.

J'ai résumé dans le tableau qui suit la valeur la plus probable du ralentissement de quelques-unes des raies connues du ThB et du Ra B + C. Dans une colonne figure la valeur de la diminution du $H\rho$, soit $\Delta(H\rho)$, de chaque raie rapportée à un écran de 0,01 g/cm², et dans une autre le rapport $\frac{\Delta(H\rho)}{H\rho}$.

---

(1) *Thèse de Doctorat; Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, **30**, 1913, p. 289.
(2) *Journal de Physique*, 6e série, **6**, octobre 1925, p. 334.
(3) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1403.

Hρ du groupe étudié.			Δ(Hρ) pour 0,01 g/cm².	$\frac{\Delta(H\rho)}{H\rho}$.
1398	rayons du	ThB......	103	74.10⁻³
1410	»	RaB......	102	73 »
1677	»	RaB......	84	50 »
1764	»	ThB......	73	41 »
1820	»	ThB......	71	39 »
1938	»	RaB......	66	34 »
2256	»	RaB......	56	25 »
2980	»	RaC......	57	19 »
3020	»	RaC......	57	19 »
3289	»	RaC......	56	17 »
5904	»	RaC......	53	9 »

Remarque. — Les courbes de ralentissement ainsi que des chiffres complémentaires seront donnés dans un travail ultérieur.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la détermination directe de la proportion relative des isotopes du lithium.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. A. Cotton.

1. Plusieurs auteurs ont déjà cherché à déterminer la proportion des isotopes du lithium au moyen des rayons positifs, Dempster (¹) en mesurant à l'électromètre de très faibles courants, Aston (²) et G. P. Thomson (³) en considérant la densité des impressions photographiques obtenues par l'impact de rayons positifs sur des plaques. Dempster avait trouvé des résultats tout à fait discordants quoique mesurés d'une manière assez précise; Aston seul a indiqué qu'il observait toujours une intensité relative convenable. Mais le procédé d'évaluation employé est vraiment très peu précis.

Ayant à ma disposition une méthode de production des rayons positifs que de nouveaux perfectionnements ont permis de rendre tout à fait pratique, j'ai pu mesurer commodément les courants transportés par les rayons positifs des deux isotopes du lithium, en recevant ces isotopes sur deux plaques séparées et reliées chacune à un galvanomètre. La constance de l'émission, la fixité des raies et la mesure très facile du courant avec des

(¹) Dempster, *Phys. Rev.*, 18, 1921, p. 419.
(²) Aston, *Phil. Mag.*, 47, 1924, p. 385.
(³) G. P. Thomson, *Phil. Mag.*, 42, 1921, p. 857.

galvanomètres ordinaires m'ont permis de faire plusieurs déterminations précises. Quand le débit reste faible — de l'ordre de quelques microampères pour le lithium 7 — la proportion des isotopes est celle que l'on s'attend à trouver d'après le poids atomique du lithium : les nombres obtenus donnent un rapport d'intensité compris entre 14 et 15, ce qui correspond à un poids atomique compris entre 6,93 et 6,94 en conformité avec les déterminations chimiques.

Quand le débit augmente, la proportion de lithium 6 dans le mélange paraît augmenter, car le rapport des courants mesurés peut atteindre seulement 2 ou 3. Mais cela provient uniquement de ce que la déviation des rayons positifs n'est obtenue qu'au moyen d'un champ magnétique, sans « achromatisation »; par suite d'un phénomène complexe d'ionisation, observé pour les débits un peu considérables, l'élargissement graduel de la raie 7 fait empiéter celle-ci sur la plaque attribuée au lithium 6. Pour obtenir une valeur correcte du rapport des isotopes, il convient d'en tenir compte. Cette correction se fait assez facilement en évaluant la dispersion du faisceau de rayons positifs du lithium 7 et en construisant la courbe de répartition de l'intensité dans ce faisceau. En retranchant du courant total le courant dû au lithium 7, il reste le courant correspondant au lithium 6 seulement et la proportion des isotopes retrouve une valeur correcte voisine de 15.

2. Les positions occupées par les taches de lithium peuvent être facilement calculées puisque le dispositif comporte seulement un champ magnétique et une différence de potentiel connus. On retrouve bien ainsi les deux poids atomiques 6 et 7.

3. La mesure précise et directe de la proportion des isotopes du lithium et l'excellente concordance existant entre le poids atomique calculé à partir de cette donnée et le poids atomique déterminé chimiquement (6,935), me paraissent être une très bonne confirmation de la théorie des isotopes. Si les taches observées provenaient, comme on l'a parfois supposé, de combinaisons nouvelles d'ions de lithium avec de l'hydrogène, on ne voit pas du tout pourquoi cette combinaison donnerait justement une proportion qui, à partir des isotopes, permet de retrouver exactement le poids atomique déterminé par voie chimique.

On peut se demander pour quelle raison les résultats de Dempster ont pu présenter de très grandes anomalies d'ailleurs fort capricieuses. Comme il employait un dispositif à ionisation complexe et un champ magnétique seulement, il est possible que ses résultats aient été faussés par des ions de lithium 7 venant comme dans le cas que j'ai observé, tomber au même

endroit que les ions de lithium 6. La méthode, cependant beaucoup moins précise, de la plaque photographique a en effet donné des résultats concordants avec l'appareil d'Aston où les rayons sont « achromatisés » pour chaque espèce de particule et où les ions 6 et 7 ne peuvent pas venir tomber au même endroit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur de nouvelles expériences simulant des êtres vivants.* Note de M. **Herrera**, présentée par M. L. Mangin.

La représentation en milieux inertes des apparences de la vie a été l'objet d'expériences déjà nombreuses par Bütschli, Quincke, Rhumbler, Leduc, Beilstein, etc.

L'auteur propose le mélange suivant, qui donne de remarquables résultats. On prépare deux solutions :

Solution A.

Gazoline	100^{cm^3}
Huile d'olive	50^{cm^3}

Solution B.

Soude caustique en cylindres	14^g
Eau	100
Rhodamine	1

On dépose la solution A dans une cuvette avec une plaque de porcelaine au centre, on nivelle pour avoir une surface horizontale et l'on verse quelques gouttes de la solution B. Celles-ci se segmentent, produisent des formes d'amibes et d'infusoires qui s'éloignent du centre, rampent, se déforment et se vacuolisent semblant être des amibes naturels amplifiés, visibles sans microscope. Quelques gouttelettes plus petites miment les infusoires, s'élèvent et descendent dans le liquide, se retournent et paraissent agitées par des tactismes.

Le phénomène a une durée variable, jusqu'à 1 heure si l'on diminue la proportion d'huile à 5 pour 100.

A mon avis, ces mouvements sont dus à des courants de diffusion très actifs, à des modifications de la pression osmotique et de la tension superficielle ainsi qu'à d'autres influences physicochimiques.

Ces résultats font partie d'une longue série d'expériences que j'ai commencées depuis plusieurs années.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la perméabilité du nickel à l'hydrogène. Influence de la pression.* Note [1] de M. **Victor Lombard**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Note [2], nous avons publié les premiers résultats de notre étude sur la perméabilité du nickel à l'hydrogène.

Poursuivant nos recherches, nous avons modifié certains organes de notre appareil. Dans ces conditions nous avons pu réduire la durée de nos mesures et tenir compte des gaz dégagés par l'appareil lui-même en faisant des déterminations à blanc. Au lieu de recueillir le gaz au moyen de la trompe à chute et d'en mesurer le volume, nous déterminons maintenant au moyen d'une jauge de Mac Leod l'augmentation de la pression dans la chambre de diffusion en un temps donné (3 à 60 minutes suivant la température et l'épaisseur de la lame étudiée). Le volume de la chambre de diffusion étant déterminé au montage de chaque lame, il est facile de calculer le débit (volume de gaz, à 0° sous 760^{mm} de mercure, qui traverse une surface de 1^{cm^2} en une heure).

D'autre part, un régulateur de température, spécialement étudié et que nous décrirons ailleurs, nous permet de maintenir la température constante à un petit nombre de degrés près pendant le temps que nous désirons et d'amener facilement notre lame à telle valeur de température que nous voulons, malgré les variations quotidiennes du voltage.

Les mesures faites dans ces conditions (les lames de nickel employées n'étant pas de la même origine que les premières dont l'épaisseur n'avait pas été mesurée d'ailleurs avec une grande précision) ont confirmé nos premiers résultats, à savoir que la perméabilité du nickel à l'hydrogène est une fonction exponentielle de la température et qu'elle varie proportionnellement à la racine carrée de la pression de passage du gaz.

Nous avons en outre étudié l'influence de l'épaisseur des lames métalliques. Pour cela nous nous sommes servis de disques provenant d'une même planche de nickel pur du commerce, laminée successivement à différentes épaisseurs, sans recuit. Les disques ont été choisis d'épaisseur aussi régulière que possible. Leur épaisseur était mesurée avec un palmer au $\frac{1}{1000}$ de millimètre. La surface utile des disques était la même que dans nos premières expériences. La pression d'écoulement du gaz était voisine de 770^{mm} de mercure.

Nous avons obtenu des nombres au moyen desquels nous avons tracé les courbes des figures 1 et 2.

---

(1) Séance du 25 janvier 1926.

(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 116.

La perméabilité, grande pour les très faibles épaisseurs, diminue d'abord très rapidement quand l'épaisseur augmente jusqu'à une fraction de millimètre, plus ou moins forte suivant la température, puis de plus en plus lentement.

Elle n'est pas inversement proportionnelle à l'épaisseur comme l'ont

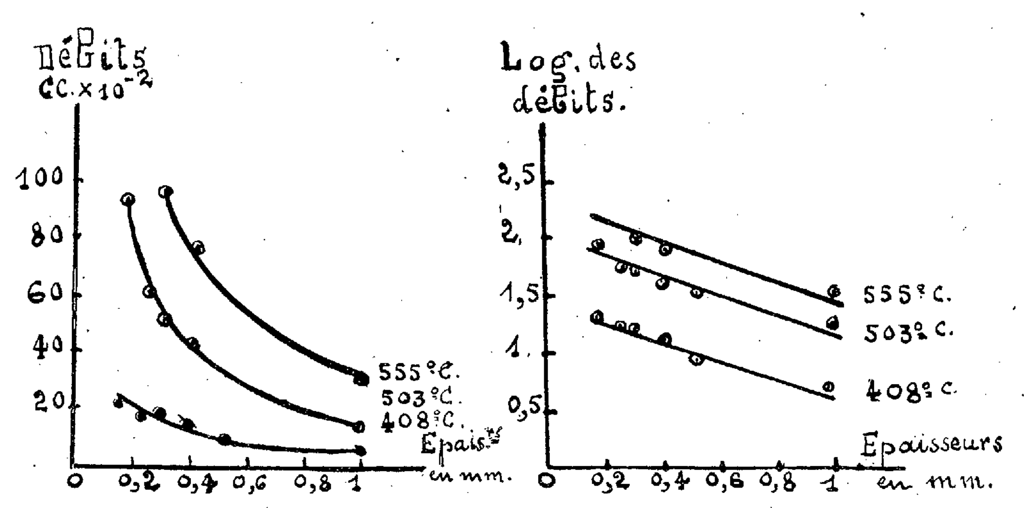


Fig. 1. — Variation du débit en fonction de l'épaisseur, la pression étant maintenue au voisinage de 770^{mm} de Hg.

Fig. 2. — Variation du log. décimal du débit en fonction de l'épaisseur.

admis certains auteurs ([1]) qui ont défini la « diffusion spécifique » d'un gaz à travers un métal : la quantité de gaz en milligrammes qui traverse en 1 heure une lame d'un centimètre carré de surface et d'*un millimètre d'épaisseur*. Les courbes de la figure 2 peuvent être considérées comme des droites parallèles. Elles montrent que la perméabilité du nickel à l'hydrogène (au moins dans les limites étudiées) est une fonction de l'épaisseur de la forme

$$d = \frac{K}{a^h} \qquad (h = \text{épaisseur}).$$

Leur direction étant connue, il sera facile au moyen d'une courbe représentant la variation du débit en fonction de la température, pour une lame d'épaisseur donnée, d'établir tout un réseau d'isothermes à pression constante.

([1]) G. Demining et B. Clifford Hendricks, *Ann. Chem. Soc.*, 45, f. 12, 1923, p. 2857 et suivantes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation des alliages ferreux par le tungstène.* Note de M. J. **Laissus**, présentée par M. L. Guillet.

Dans une précédente Note [1] j'ai montré comment les alliages ferreux pouvaient être cémentés par le chrome; en me plaçant dans les mêmes conditions, j'ai étudié la cémentation de ces alliages par le tungstène.

Le ferro-tungstène, finement pulvérisé, employé comme cément, avait pour composition

$$C = 0,54 \text{ pour } 100, \qquad W = 81,52 \text{ pour } 100.$$

1. *Influence du temps et de la température.* — Les essais ont porté sur un acier ordinaire de cémentation ($C = 0,15$).

J'ai constaté micrographiquement, de l'intérieur vers l'extérieur, l'existence : 1° d'une zone de solution solide (disparition de la perlite) très nettement visible pour les cémentations de longue durée (10 heures); 2° d'une couche brillante externe, constituée probablement par du carbure de tungstène, dont l'épaisseur croît avec le temps et la température.

Il faut noter que ces deux zones ne sont pas aussi nettement délimitées que dans le cas de la cémentation par le chrome; par contre, la couche brillante externe se forme dès la température de 800°. Ces résultats sont résumés dans le Tableau I.

2. *Influence de la composition de l'alliage à cémenter.* — Les essais ont porté sur différents alliages fer-carbone et sont résumés dans le Tableau II.

A noter que la fonte grise est susceptible d'être cémentée. La couche externe présente des zones où le graphite est partiellement mis en solution.

3. *Résistance aux actions oxydantes à haute température et à la corrosion par l'eau et les acides.* — Porté à 950° en atmosphère très oxydante, l'acier cémenté au tungstène semble mieux résister, que l'acier non cémenté, pendant les premières heures de chauffage, mais au bout de 5 heures environ, la couche cémentée se détruit par écaillage brusque.

Au point de vue de la corrosion par l'eau et les acides, j'ai trouvé les résultats suivants relatifs à un acier extra-doux cémenté à 1100° pendant 10 heures :

1° Immergé dans l'eau, la formation d'oxyde est relativement très faible;

---

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 240.

2° Acide nitrique (18° B.). La corrosion est extrêmement rapide;

3° Acide sulfurique (33° B.). La corrosion est très lente;

4° Acide chlorhydrique (dilué à 50 pour 100). La corrosion est inférieure à celle de l'acier non cémenté.

Le Tableau III donne les pertes, en pour 100 du poids, en fonction du temps sur des échantillons de mêmes dimensions.

TABLEAU I.

Température de chauffage.	Temps de chauffage. 2h30m.	5h.	10h.
	Épaisseurs en millimètres de la zone cémentée.		
800°	0,030	0,045	0,125
900	0,045	0,070	0,145
1000	0,060	0,090	0,210
1100	0,085	0,145	0,450

TABLEAU II.

Chauffage.	Épaisseurs en millimètres de la zone cémentée. Fer électrolytique.	acier $c = 0,15$.	acier $c = 0,4$.	acier $c = 0,8$.	Aspect extérieur des échantillons cémentés.
900° (5h.).	0,110	0,070	0,045	0,030	Blanc d'argent mat.
1000 (»).	0,150	0,095	0,075	0,045	
1100 (»).	0,195	0,145	0,110	0,085	

TABLEAU III.

Temps.	HCl (Dilué à 50 °/₀).	SO^4H^2 (33° B.).
1h	0,218	0,245
2	0,321	0,322
5	0,347	0,374
11	0,514	0,542
27	0,901	0,981
51	2,44	2,28
123	8,10	2,81
147	11,5	3,48
	Acier non cémenté 72h — 10,11.	Acier non cémenté 101h — 11,25.

4. *Conclusions*. — Toutes choses égales d'ailleurs, la cémentation par le tungstène donne des couches cémentées environ 2 fois plus importantes que dans le cas du chrome; la formation de la couche brillante externe a lieu pour une température bien plus basse (800° au lieu de 1100°), d'où

gros intérêt au point de vue surchauffe de l'acier; ce constituant se développe d'autant plus vite que la température est plus élevée, que le temps de chauffage est plus long et que l'acier est moins carburé.

Les échantillons d'acier cémentés par le tungstène prennent, après polissage, un poli spéculaire comparable à celui du nickel et sont relativement peu attaquables par l'acide sulfurique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'auto-aimantation des aciers à la torsion.* Note de M. **R. Cazaud**, présentée par M. L. Guillet.

J'ai effectué des essais de torsion sur éprouvettes cylindriques de 250^{mm} de longueur et 7^{mm} de diamètre supportant un effort de traction constant de 45^{kg}. Le barreau à étudier est placé dans le champ magnétique d'une bobine comportant un enroulement primaire de 750 spires alimenté par une batterie d'accumulateurs, et deux enroulements secondaires distincts : l'un de 1500 spires fermé sur un galvanomètre qui enregistre la vitesse de variation du flux, l'autre de 50 spires relié à un fluxmètre Grassot. Les déviations de ces deux appareils s'enregistrent photographiquement sur des tambours tournant à la même vitesse.

J'ai constaté que, l'intensité du courant primaire restant invariable, toute déformation de torsion engendre une variation de flux magnétique et corrélativement un courant induit.

J'ai cherché à enregistrer simultanément en fonction du temps (la vitesse de torsion étant constante) le couple de torsion, le flux et sa vitesse de variation; j'ai ainsi obtenu une série de diagrammes caractéristiques des aciers étudiés.

Les essais ont porté sur des aciers ordinaires recuits à 0,3; 0,5; 0,8 et 1 pour 100 de carbone; pour lesquels j'ai observé une variation du flux négative au-dessous de 0,5 pour 100 de carbone et positive pour une teneur supérieure. Cette variation apparaît seulement importante durant la phase des déformations élastiques et présente une discontinuité d'autant moins accusée que l'acier renferme plus de carbone.

Pour les aciers extra-durs, les aciers trempés et certains aciers spéciaux, à structure martensitique, la variation du flux avec la déformation de torsion est continue et positive; la détorsion produit une variation de flux de même sens que la torsion, l'acier tendant ainsi vers un état de saturation magnétique complet sous l'effet de torsions répétées.

L'influence de l'écrouissage se traduit par une augmentation de la variation du flux.

Les diagrammes diffèrent légèrement suivant l'intensité du champ magnétisant, mais les discontinuités plus ou moins nettes restent caractéristiques des aciers essayés. Il convient, pour la facilité d'interprétation des résultats, d'opérer avec un champ de moyenne intensité, de l'ordre de 50 gauss.

Dans les mêmes conditions expérimentales et le même appareillage électrique, les diagrammes relatifs à une même nuance d'acier sont identiques.

En résumé, l'étude de l'auto-aimantation des aciers à la torsion me paraît constituer une méthode d'identification rapide, susceptible de fournir des indications sur leur composition et leur traitement thermique.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la composition des mattes de cuivre.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les mattes de cuivre contiennent trois éléments principaux : le cuivre, le soufre et le fer. La constitution des alliages solides formés par ces éléments a été très étudiée, quoique les résultats de ces études ne sont pas concordants. Au point de vue pratique, ce qu'il importe surtout de connaître, c'est la composition des mattes *avant leur solidification.* Or il n'existe à ce sujet que quelques hypothèses dont voici la plus souvent admise :

A cause de la grande affinité du soufre pour le cuivre et le fer, on suppose que le soufre ne peut exister dans les mattes de cuivre qu'à l'état de composés définis, Cu^2S et FeS. Et pour être tout à fait d'accord avec les résultats d'analyses des mattes industrielles, on admet en outre que les sulfures peuvent réagir sur les métaux non combinés, suivant la réaction réversible

$$Cu^2S + Fe \leftrightarrows FeS + 2Cu,$$

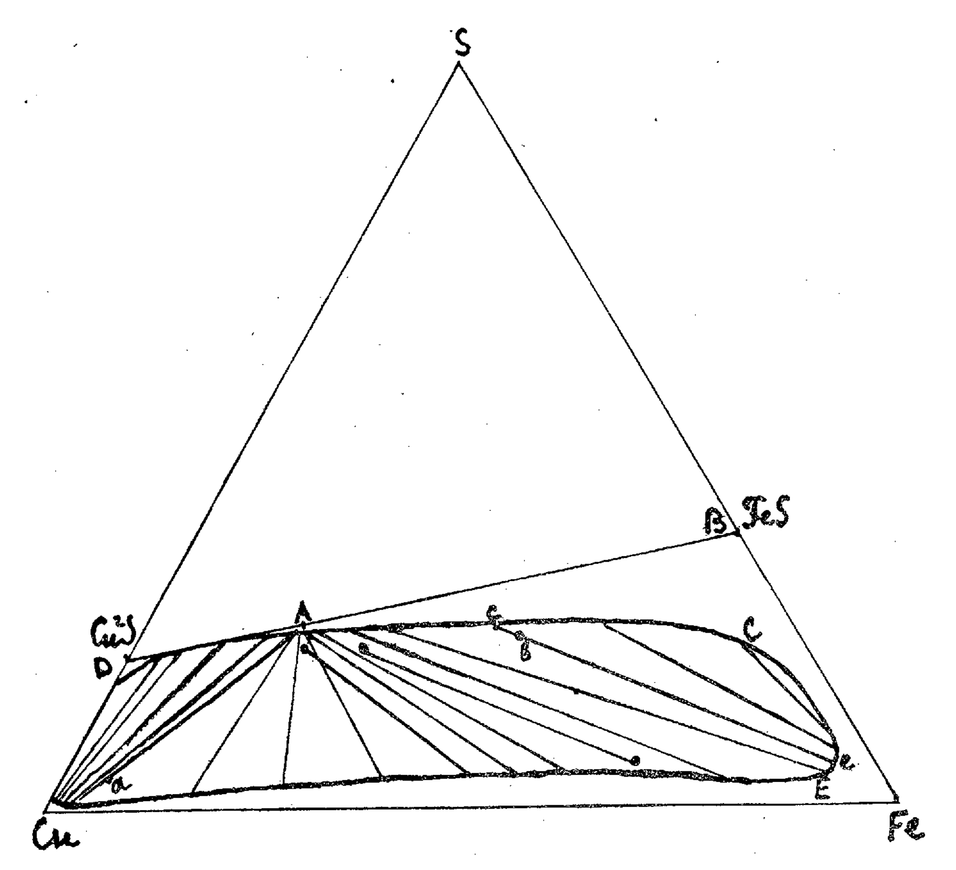
les métaux libres en excès pouvant soit se dissoudre dans les sulfures, soit se séparer en entraînant avec eux un peu de mattes.

Sans entrer dans la discussion de cette hypothèse, j'étudie ici la courbe des équilibres auxquels donnent lieu les alliages Cu-S-Fe, à l'état liquide et à des températures très voisines de leur solidification.

Dans une Note précédente, j'ai démontré que le sulfure de fer et le fer sont miscibles à l'état liquide en toutes proportions. L'addition de cuivre

dans les alliages, dans une proportion inférieure à 3 pour 100, produit déjà une forte ségrégation. Lorsque la proportion de cuivre dépasse 3 pour 100, l'alliage triple se sépare en deux couches liquides de densités et de compositions très différentes. La couche supérieure est très sulfureuse, la couche inférieure plus lourde ne contient que quelques centièmes de soufre.

Quand on augmente progressivement la proportion du cuivre dans les



mélanges fondus, la plus grande partie de ce métal passe dans la couche supérieure jusqu'à ce que la teneur en cuivre de celle-ci atteigne environ 50 pour 100. A partir de ce moment, les nouvelles additions de cuivre ne font que très peu varier la composition de la couche supérieure car dès lors, tout le cuivre ajouté se concentre dans la couche inférieure. Il en est ainsi jusqu'à ce que la teneur en Cu de cette dernière atteigne 94-95 pour 100. A ce moment, sa composition cesse aussi de varier et le cuivre ajouté, passe de nouveau dans la couche supérieure. On aboutit finalement à l'al-

liage Cu^2-S-Cu, exempt de fer, qui à l'état liquide, présente aussi deux couches superposées.

D'après Heyn et Bruer, la couche supérieure de ce dernier alliage contient 17 pour 100 de S, et la couche inférieure 1,8 pour 100.

Le diagramme triangulaire ci-dessous expose les résultats de mes expériences, les couches correspondantes des mêmes culots métalliques étant reliées par des droites.

Interprétation. — Ce diagramme est intéressant en ce qu'il permet de prévoir et d'expliquer les principales phases de la métallurgie du cuivre par voie sèche.

1° Le triangle ABC du diagramme comprend toutes les compositions possibles de mattes de cuivre brutes qu'on peut obtenir industriellement. Si la teneur en S du minerai fondu est supérieure à celle qui correspond à la droite Cu^2S-FeS, l'excédent de S est volatilisé ou brûlé. Si, au contraire, la teneur en S est inférieure à celle de la courbe AC, l'obtention de la matte est accompagnée d'une précipitation de fonds ferrugineux, pauvres en S et en Cu et qui peuvent former un « loup » dans un four à cuve (Région E sur le diagramme).

2° La bande très étroite AD, représente toutes les compositions possibles des mattes enrichies en Cu. Cette zone de diagramme est caractérisée par ce fait que la teneur en S de la matte ne peut varier que dans les limites très rapprochées. Si pour des raisons diverses, la teneur en S de la matte descend au-dessous de la limite inférieure, il y a précipitation d'un alliage souvent très riche en Cu, que l'on nomme « bottoms ».

3° Soit à présent un métal dont la composition est représentée par le point *a* (matte enrichie, grillée à mort et réduite par le charbon). La fusion de ce métal donnera d'une part du « cuivre noir » à 93-96 pour 100 de Cu, et d'autre part de la « matte mince » à 55-60 pour 100 environ de Cu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction d'oximes au moyen du sodium et de l'alcool absolu. Dédoublement des amines racémiques ainsi obtenues en leurs antipodes optiques au moyen de l'acide tartrique droit.* Note (¹) de M. **P. Billon**, transmise par M. Moureu.

Les amines dans lesquelles le radical NH^2 est fixé à un atome de carbone asymétrique peuvent être obtenues d'une façon commode en réduisant les oximes des cétones dissymétriques correspondantes.

(¹) Séance du 1er février 1926.

Jusqu'à présent, la réduction était faite soit au moyen de l'électrolyse, soit, le plus souvent, au moyen de l'amalgame du sodium en milieu acétique; ces méthodes donnent un rendement qui ne dépasse pas 60 pour 100 et qui, dans certains cas, est très faible.

Nous avons employé le procédé d'hydrogénation de MM. Bouveault et Blanc, par le sodium et l'alcool absolu. Nous en avons décrit la technique dans une Note précédente ([1]). Outre la grande simplicité de la méthode, nous avons ainsi obtenu les amines cherchées avec un rendement souvent voisin du rendement théorique et ne s'abaissant en aucun cas au-dessous de 85 pour 100. La benzophénone-oxime en particulier, qui ne rentre pas dans la catégorie qui nous intéresse, mais que nous avons eu occasion de réduire, donne la benzhydrylamine quantitativement, alors qu'avec les autres procédés le rendement ne dépasse pas 55 pour 100 ([2]).

Les cétones auxquelles nous nous sommes adressés répondent aux formules générales $Ar - CO - Ar'$ et $Ar - CO - R$ où Ar représente un radical aromatique et R un radical aliphatique.

L'oxime de la *p*-tolylphénylcétone, obtenue sous ses deux formes stéréochimiques ([3]) donne, par réduction, le *p*-tolylphénylamino-méthane que nous avons identifié avec l'amine obtenue par réduction de l'oxime au moyen de l'amalgame de sodium ([4]). L'opération est quantitative. L'amine bout à 296° sous 760^{mm} ou 172° sous 14^{mm}. Nous l'avons même obtenue cristallisée, fait qui n'a pas été signalé jusqu'à présent, le point de fusion pris au bain d'huile est de 40°. Le chlorhydrate fond en charbonnant vers 250° (en tube capillaire).

L'oxime de la *p*-anisylphénylcétone, que l'on obtient sous ses deux formes stéréo-isomères ([5]) donne, par réduction, la même amine que celle obtenue par d'autres méthodes ([6]). Le rendement n'est que de 85 pour 100 de la théorie. L'amine bout à 205° sous 30^{mm}. Le chlorhydrate fond à 190° au bloc Maquenne.

---

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1054.

(2) Parvenus à ce point de notre travail nous nous sommes aperçus que Konowalow avait déjà réduit la benzophénone-oxime par le sodium et l'alcool. Il indique un rendement de 68 pour 100 (*Centralblatt*, 1901, I, p. 1002).

(3) Hantzsch, *Ber. D. C. G.*, **23**, 1890, p. 2326.

(4) Goldschmidt et Stöcker, *Ber. D. C. G.*, **24**, 1891, p. 2801.

(5) Hantzsch, *Ber. D. C. G.*, **23**, 1890, p. 2326.

(6) Hantzsch et Kraft, *Ber. D. C. G.*, **24**, 1891, p. 3512; *Farbenfabriken*, *Centralblatt*, 1899, II, p. 949. — Bush et Leefhelm, *Centralblatt*, 1908, I, p. 630.

Parmi les cétones répondant à la formule générale de Ar — CO — R, nous avons étudié les quatre premiers termes.

L'oxime de l'acétophénone [1] par réduction donne le phényl-1-amino-1-éthane, déjà obtenu par électrolyse de l'oxime [2]. Cette amine a été préparée par d'autres voies [3] mais avec un rendement toujours inférieur à celui que nous avons obtenu, qui est de 85 pour 100. La base bout à 183° sous 760^{mm} ou à 84° sous 22^{mm}. Son chlorhydrate fond à 158°.

L'oxime de la propiophénone [4] nous a fourni le phényl-1-amino-1-propane, qui a déjà été obtenu de toute autre manière [5]. Le rendement en amine est quantitatif. La base bout à 206° sous 760^{mm} ou à 88° sous 16^{mm}. Son chlorhydrate fond à 194°.

Nous avons réduit les oximes des deux cétones isomères en $C^{10}H^{12}O$. Les amines ainsi obtenues ont été préparées par divers auteurs [6] suivant les mêmes procédés que ceux employés pour le phénylaminopropane.

En partant de la *n*-propylphénylcétone, on obtient, avec un rendement de 90 pour 100, le phényl-1-amino-1-butane, qui bout à 220° sous 760^{mm} ou 102° sous 14^{mm}. Le chlorhydrate fond à 265°.

En partant de l'isopropylphénylcétone, on réalise la préparation, avec un rendement de 95 pour 100, du phényl-1-méthyl-2-amino-1-propane qui bout à 213° sous 760^{mm} ou à 95° sous 14^{mm} et dont le chlorhydrate fond à 275°.

Parmi ces amines, seul le phényl-1-amino-1-éthane avait déjà été dédoublé en ses inverses optiques [7]. Nous avons essayé de dédoubler les autres; jusqu'à présent nous n'y sommes parvenus que pour le phényl-1-amino-1-propane.

Nous avons réalisé ce dédoublement par cristallisations successives du tartrate acide droit de l'amine dans l'alcool absolu.

---

(1) Janny, *Ber. D. C. G.*, **15**, 1882, p. 2781.

(2) Julius Taffel et Pfeffermann, *Ber. D. C. G.*, **35**, 1902, p. 1515.

(3) Bush et Leefhelm, *Centralblatt*, 1908, I, p. 629.

(4) Pampel, Schmidt, *Ber. D. C. G.*, **19**, 1886, p. 2896. — Trapesonzjanz, *Ber. D. C. G.*, **26**, 1893, p. 1427.

(5) Bush et Leefhelm, *Centralblatt*, 1908, I, p. 630. — Konowalow, *Ber. D. C. G.*, **28**, 1895, p. 1857.

(6) Loven, *Ber. D. C. G.*, **29**, 1896, p. 2315.

(7) Loven, *Ber. D. C. G.*, **29**, 1896, p. 2315.

Pouvoir rotatoire spécifique droit	9°30′
Pouvoir rotatoire spécifique gauche	—10°30′
Point de fusion du tartrate	166°
Point de fusion du Chl. D	180°
» G	195°

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les acides tartriques.*
Note de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Pasteur, qui découvrit l'acide tartrique inactif, ou acide antitartrique, n'a donné de ce corps aucune description, et les différents chercheurs qui ont étudié cet acide après lui ne paraissent pas avoir réussi à l'isoler à l'état pur, car nous n'avons aucun renseignement sur sa forme cristalline, et les autres données physiques sont peu concordantes. Étant donnée l'importance théorique de ce corps, j'ai cru devoir reprendre l'étude de sa préparation et de ses propriétés; j'ai pu l'isoler à l'état pur, anhydre et parfaitement cristallisé, et aussi en très beaux cristaux contenant une molécule d'eau.

L'acide antitartrique se comporte donc comme l'acide racémique qui existe également sous ces deux états; j'ai ainsi été naturellement conduit à rechercher si l'acide tartrique actif ordinaire, connu seulement à l'état anhydre, n'existerait pas dans certaines conditions à l'état d'hydrate. C'est sans aucune difficulté que l'on obtient cet hydrate, dont on a si souvent parlé depuis les recherches de Biot sur les anomalies du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique, en laissant cristalliser au-dessous de 0° une solution saturée d'acide tartrique ordinaire. Les trois acides tartriques sont donc connus à l'état anhydre et à l'état hydraté.

Préparation de l'acide antitartrique. — L'acide droit, saturé par un grand excès de soude caustique en solution aqueuse, est soumis à l'ébullition pendant trois heures environ; on obtient un mélange de racémate et d'antitartrate, comme l'ont montré Meissner puis Holleman (1); on acidifie par l'acide chlorhydrique, et l'on précipite par le chlorure de calcium les acides tartriques mis en liberté. Le mélange des tartrates de chaux est décomposé par plusieurs traitements successifs à l'acide sulfurique dilué de son volume d'eau; les eaux mères sont concentrées. Par simple refroidissement l'acide

(1) Holleman, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, 17, 1898, p. 65.

racémique cristallise presque en totalité, puis on provoque par une nouvelle concentration la cristallisation de l'acide antitartrique qui se présente en larges tables très différentes des longs prismes de l'acide racémique.

Acide antitartrique hydraté. — Le corps est purifié par plusieurs cristallisations qui le séparent du sulfate de chaux. Le dosage des éléments par combustion, la perte d'eau dans le vide sulfurique prolongé et à chaud, le dosage de l'acidité concordent avec la formule $C^4H^6O^6, H^2O$. Les cristaux fondent dans leur eau de cristallisation au-dessus de 120°; densité 1,668. Ils appartiennent au système triclinique, avec les paramètres

$$a:b:c = 0,6424:1:0,7925$$

et les angles $\alpha = 90°16'$, $\beta = 96°31'$, $\gamma = 75°46'$.

Acide antitartrique anhydre. — Si l'on fait cristalliser l'acide antitartrique dans une solution fortement sulfurique, ou mieux dans une solution aqueuse maintenue au-dessus de 50°, on obtient des cristaux totalement différents des précédents : ce sont des octaèdres très régulièrement développés correspondant à l'acide anhydre. Ils appartiennent au système orthorhombique; paramètres $a:b:c = 0,9467:1:1,2265$; densité 1,737; point de fusion 159-160°.

Acide actif hydraté. — L'étude des courbes de solubilité montre que l'hydrate est stable au-dessous de — 5°, mais on peut l'obtenir facilement au-dessus de 0° en amorçant une solution sursaturée avec des cristaux d'hydrate obtenus dans une cristallisation précédente, ou, si l'on ne dispose pas de tels cristaux, en amorçant avec le tartrate acide de lithium; ce corps possède en effet des paramètres cristallographiques très voisins de l'hydrate et, comme lui, une molécule d'eau de cristallisation; cette substitution permet d'obtenir l'hydrate de l'acide tartrique d'une façon très régulière à la température de la glace fondante. Les cristaux sont orthorhombiques; paramètres $a:b:c = 0,4716:1:0,5304$; densité 1,582; ils se déshydratent rapidement à la température du laboratoire.

Comme tous les corps moléculairement actifs, l'acide tartrique hydraté présente le pouvoir rotatoire cristallin; les cristaux de l'acide ordinaire (dit droit) sont gauches, comme les cristaux de la forme anhydre. L'existence de cet hydrate explique un certain nombre d'anomalies.

LITHOLOGIE. — *Sur la structure microscopique des Charbons de terre.* Note de M. **André Duparque**, présentée par M. Charles Barrois.

La méthode métallographique permet d'étudier la structure microscopique de la houille, jusqu'ici très mal connue, l'examen par transparence ne pouvant être utilisé dans la plupart des cas.

L'étude d'un certain nombre de houilles et de charbons spéciaux (bogheads, cannel-coals) démontre (¹) que ces roches peuvent être considérées comme étant formées de deux constituants microscopiques :

1° Des corps figurés d'origine végétale (tissus lignifiés, spores, algues).

2° Une pâte colloïdale, sans structure ou « substance fondamentale », dont l'origine est nettement secondaire (postérieure au dépôt des corps figurés).

Les quatre constituants macroscopiques (fusain, durain, clarain, vitrain), de stopes dérivent de l'association ou de l'isolement de ces deux constituants microscopiques.

A. *Origine de la substance fondamentale.* — Par une étude approfondie j'ai pu me rendre compte que la substance fondamentale, que j'ai identifiée au Vitrain, s'est formée de deux façons différentes :

1° Par gélification des corps figurés. Les masses ligneuses présentent fréquemment une altération zonaire, centripète, permettant d'observer le passage graduel du fusain au vitrain. Les spores sont dans des états de conservation variables et passent insensiblement à la substance fondamentale. C'est par ce processus que se sont formées, aux dépens de tissus lignifiés, les lentilles de clarain et de vitrain interstratifiées dans le durain.

2° Par précipitation de substances organiques en solution ou en pseudo-solution dans l'eau, la substance initiale ayant subi une destruction totale. C'est là l'origine des fines bandes de vitrain de la houille brillante, et des pâtes du clarain et du durain.

Je n'ai jamais pu observer dans le vitrain la présence d'organismes ou de débris d'organismes d'origine animale. *Les deux constituants microscopiques de la houille semblent avoir une origine presqu'exclusivement végétale*

B. *Rapport existant entre les propriétés caractéristiques des différentes classes de charbons, les développements respectifs des deux constituants microsco-*

(¹) A. Duparque, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 50, Lille 1925, p. 56, 97 et 118; 5 planches.

piques et la nature des corps figurés. — La même méthode appliquée à l'étude des bogheads et des cannel-coals, m'a montré que le durain est l'équivalent des charbons de spores de C.-Eug. Bertrand et Renault, et que les cannels et les gayets se rattachent à ce constituant macroscopique de la houille par toute une série d'intermédiaires.

Les teneurs en matières volatiles croissantes dans l'ordre: houille, cannel-coals, bogheads, semblent liées à la nature des corps figurés et à leur plus ou moins grand développement.

a. Les *bogheads* ou charbons d'algues, dont la teneur en M. V. atteint parfois 400^{m^3} par tonne, sont caractérisés par l'extrême réduction de leur pâte et la présence d'algues très nombreuses qui représentent à elles seules presque toute leur masse.

b. Les *cannel-coals*, moins riches en M. V. (300 à 330^{m^3} par tonne), sont surtout formés de microspores, leur pâte dépasse rarement plus de 25 pour 100 de leur masse. Les *gayets*, roches très voisines des cannel-coals, mais moins riches en matières volatiles que ces derniers, sont caractérisés par un plus grand développement de leur pâte et la diminution du nombre des microspores.

c. La *houille brillante* ne contient que très rarement des spores ou des algues, et elle apparaît comme étant formée de fragments de tissus lignifiés (bois, sclérenchyme), cimentés par une pâte très abondante. Les corps figurés représentent rarement plus de 25 pour 100 de ses lits.

Le *durain* (houille mate = charbon de spores), présentant une composition très voisine de celle des cannel-coals est rare dans les veines maigres ou demi-grasses.

La *houille* ne donne guère plus de 230 à 255^{m^3} de gaz par tonne.

Dans ces trois types de charbons, *les teneurs en matières volatiles sont inversement proportionnelles au développement de la substance fondamentale (pâte) et il est évident que la nature des corps figurés a joué un rôle primordial.*

Sans nier l'importance des phénomènes, qui ont pu après coup modifier leur teneur en matières volatiles, *on peut affirmer que ces trois classes de charbons étaient originairement différentes.*

Ainsi, contrairement à l'opinion de H. Potonié qui voyait dans la pâte sapropélienne des cannel-coals et des bogheads (¹) le facteur principal

(¹) H. Potonié, *Eine recente organogene Schlamm-Bildung des Kannelkohlen Typus* (*Jahrbuch der königl.-preuss. geol. Landesanstalt und Bergakademie für* 1903, **25**, Ht 3, p. 405-409).

déterminant par son origine [1] la forte proportion et les qualités des matières volatiles de ces charbons, *il semble que ce rôle doive être plus spécialement attribué aux substances cireuses (cutine des exines de spores) ou huileuses (S. huileuses de certaines algues) dont la composition chimique se rapproche beaucoup de celle des corps gras.*

GÉOLOGIE. — *Observations tectoniques et stratigraphiques dans la région du lac d'Allos (Basses-Alpes).* Note de M^lle **Yvonne Wahl**, présentée par M. Émile Haug.

Le lac d'Allos est situé au centre d'un petit massif de hautes montagnes, limité, au Nord, par la vallée du Bachelard, affluent de gauche de l'Ubaye, à l'Est par la vallée du haut Var, à l'Ouest, par la vallée du haut Verdon, au Sud, par la dépression du col des Champs. Il est à la limite des terrains charriés et autochtones; la couverture sédimentaire des sommets qui l'avoisinent appartient au bord méridional actuel de la nappe inférieure de l'Ubaye. Les terrains charriés forment là une sorte d'éperon qui s'avance vers le Sud-Est, parallèlement au cours supérieur du Verdon, et chevauche les couches autochtones affectées par des plis à large rayon de courbure.

C'est à des altitudes variant entre 2200^m et 2600^m que l'on peut suivre l'affleurement du plan de chevauchement. A l'Est, il est visible sur la rive gauche de la haute vallée du Bachelard, passe par la Tête des Garrets, le Pas du Lausson, la Tête Filiarque, l'arête NE-SW qui réunit ce point au col de l'Encombrette; au Sud, on le retrouve un peu au-dessous de l'arête qui réunit le col de l'Encombrette à la Tête de Valplane et sous Roche-Cline; à l'Ouest, sous l'arête des Graux; au Nord et au Nord-Ouest, la masse du Flysch du mont Pelat se fond avec le Flysch, qui dans l'Ubaye, constitue le soubassement des lambeaux de recouvrement.

Dans les terrains charriés on reconnaît l'existence de deux séries : une lame inférieure, constituant les sommets qui avoisinent immédiatement le lac et qui s'avance le plus loin vers le Sud.

---

[1] Le sapropèle est une formation actuelle provenant du dépôt, dans des eaux tranquilles, de débris d'animaux ou de plantes, le plus souvent de petite taille, s'altérant lentement; l'intervention des animaux y introduit des matières grasses et albuminoïdes qui lui confèrent des caractères spéciaux. Il a la consistance d'une boue fluide plus ou moins pâteuse. D'après Potonié les cannel-coals et les bogheads seraient des sapropélites fossiles.

C'est une série normale représentée par le Crétacé, un conglomérat nummulitique à galets cristallins et calcaires (on y trouve du Crétacé sous-jacent remanié); il renferme des grandes Nummulites, des débris de Bélemnites roulées. Sur ce Nummulitique transgressif, existent des grès fins micacés et un grès d'Annot en tous points semblable à celui de l'Autochtone. Ces couches s'enfoncent, au NE, sous la masse de sédiments gréso-marneux du Flysch du Pelat. Une lame de cargneules de 50^{cm} à 1^{m} d'épaisseur souligne ce contact anormal. Au NW du lac, dans le ravin de la Petite Cayolle, elles sont pincées entre le Crétacé de la série du Pelat et les grès de la lame inférieure ; à l'est du lac, à quelques mètres à l'ouest du Pas du Lausson, on trouve quelques débris de ces cargneules entre le Crétacé de la série inférieure et le Flysch.

L'existence de calcaires crétacés, signalés par W. Kilian (1), où l'auteur indique la présence de fragments de Bélemnites et d'Ammonites, est particulièrement intéressante. Au sud du lac, les vallonnements qui sont sous le col de l'Encombrette sont formés, en partie, par des calcaires gris clair, rugueux, à cassure granuleuse. Sur ce fond se détachent en sombre des débris organiques et des sections d'oolithes. En certains points ce calcaire forme de véritables « lapiaz ». Il diffère, comme aspect, de tout ce que l'on est habitué à trouver dans le Crétacé autochtone de la région; son épaisseur ne dépasse jamais 10 à 15^{m}. Les seules fossiles macroscopiques que nous y avons trouvés sont un Échinide et une mauvaise section de Rudiste.

En lame mince, c'est un calcaire oolithique formé de grandes oolithes, de formes plus ou moins régulières, et de très petites oolithes bien calibrées. Tous ces éléments sont cimentés par de la calcite recristallisée. Souvent le calcaire s'est déposé autour de débris organiques. Les organismes les plus abondants sont : des Siphonées, des Bryozoaires, des Milioles (Biloculines et Triloculines à test très épais), des Textulaires, des *Haplophragmium* et des débris de test de Mollusques.

J'ai pu comparer ces préparations avec celles provenant d'éléments du conglomérat lutétien du Bouchet (Haute-Savoie), que M. Schœller m'a obligeamment prêtées. La ressemblance est frappante. On peut dire qu'il est impossible de distinguer une préparation provenant de la klippe de Sulens de celles du lac d'Allos.

---

(1) W. Kilian, *Massif du Mont Pelat, Lac d'Allos* (*Bull. Serv. Carte géol. de Fr. C. R. collab. camp.* 1909, XX, p. 160).

L'auteur attribue ces galets à l'Urgonien [1]. Le mauvais état des fossiles ne permet pas d'affirmer d'une façon absolument certaine qu'au lac d'Allos on ait bien affaire à l'Urgonien. Sur ces calcaires on trouve d'autres calcaires à pâte plus fine, riches en fragments de Bélemnites (Kilian, *loc. cit.*), et qui contiennent des nodules siliceux. Au Nord, dans cette même bande, dans le ravin de la Petite Cayolle, on retrouve ces calcaires urgoniens, surmontés par des calcschistes rouges et verdâtres, riches en Globigérines et en Rosalines, appartenant certainement à un terme supérieur du Crétacé. Sur ces couches, réduites à 1 ou 2^m, vient une série de calcaires lités à pâte très fine, renfermant des Échinodermes, et qui ne se différencient pas du Sénonien autochtone. A la base de la série du Pelat, sous Tête Ronde, sur les cargneules décrites plus haut, on trouve les calcaires oolithiques, formant de grandes dalles. Par suite d'un repli local, ils figurent les flancs d'un synclinal. Ils supportent 1^m de calcschistes rouges et verts très écrasés, formant un niveau discontinu, sur lequel repose le conglomérat inférieur de la série du Flysch du Pelat. Vers l'Ouest, celui-ci se lamine; à l'Est, il chevauche, dans le vallon de la Petite Cayolle, les couches de la lame inférieure.

Ce qui caractérise le Flysch du Pelat, c'est la répétition multiple des assises gréseuses, calcaires et marneuses, avec tous les termes de passage d'un type à l'autre. Ces couches sont repliées sur elles-mêmes, figurant des synclinaux limités par les conglomérats. Ceux-ci sont formés de galets de roches cristallines, de jaspes, de calcaires; l'Urgonien s'y trouve remanié.

Dans le ciment, à côté de petites Nummulites, on peut trouver des prismes d'Inocérames et des Bélemnites parfois tronçonnées; ces organismes sont certainement roulés et remaniés.

C'est de cette puissante nappe qu'a été arrachée la lame inférieure qui, poussée sous et par le Flysch, a cheminé vers le Sud. Son flanc inverse a été entièrement laminé.

---

[1] H. Schœller, *Observations sur la colline du Bouchet* (Haute-Savoie) (*C. R. S. S. G. F.*, 17, 21 déc. 1925, p. 230).

GÉOLOGIE. — *Découverte d'or natif au Djebel Mekam près Berguent (Maroc oriental).* Note [1] de M. J. Savornin, transmise par M. Ch. Depéret.

Les Hauts Plateaux du Maroc oriental, d'après les cartes géologiques, correspondent exclusivement à un vaste bassin de Néogène continental. Diverses publications de E. F. Gautier, P. Russo et les miennes ont déjà fait connaître l'extension des affleurements crétacés laguno-marins, d'une part au Sud : jusqu'au Tigri et à Bel Riada; d'autre part à l'Ouest : jusqu'à la Haute Moulouya, au lieu et place de ce Néogène. Celui-ci ne dépasse pas la ligne des Trarit (les collinettes), à 40^{km} sud du Chott R'arbi, ni à 50^{km} ouest d'Oglat Sedra.

Les sédiments néogènes, marno-sableux, souvent rougeâtres, avec lentilles de gypse et de calcaire blanc à *Melanopsis*, d'espèce vivante, sont couronnés d'un calcaire lacustre, dont les corniches blanches donnent la note du paysage aux lointains horizons : à Berguent et à Oglat Sedra, jalons de la piste Oudjda-Figuig.

L'oued el Haï, la rivière vivante, issue des belles sources artésiennes de Ras-el-Aïn, à l'altitude 910, a creusé son lit dans ces sédiments. Il en sort au Nord-Ouest, après 40^{km} de cours paresseux, coupé de cascades, et pénètre dans le substratum jurassique puis paléozoïque, visible avant et après Guefaït.

De même, la piste militaire de Berguent à Debdou, dirigée plein Ouest, atteint vers son 35^{e} kilomètre le bord occidental du bassin tertiaire. Elle s'est élevée, sur des terrasses appartenant à l'oued Charef, jusque sur le plan supérieur des calcaires lacustres, formant une immense table à la cote 1050.

Une courte descente franchit le rebord du bassin, où le calcaire est faiblement relevé. Puis, la piste serpente sur une pénéplaine paléozoïque, dont l'existence n'était pas soupçonnée avant mon exploration d'octobre 1924. Des schistes, plus ou moins métamorphiques, coupés de filons de quartz blancs et de lentilles quartziteuses, forment cette surface arasée jonchée de leurs fragments. Il reste à déterminer jusqu'où s'étend au Sud-Ouest, à travers les feuilles Debdou et Daya Nefouïkha — avant de disparaître sous la transgression mésocrétacée — cet affleurement primaire, prolongement de celui de Djerada, que de nombreuses « boutonnières » font voir, d'autre part, jusqu'aux abords d'Oudjda.

(1) Séance du 8 février 1926.

La partie superficielle de ces terrains anciens est conservée parfois sous le Pliocène, qui a pris la place des sédiments jurassiques longtemps protecteurs. A 1800^m ENE d'Aglat Meridja, on constate que cette surface originelle était constituée par une roche cristalline verte, aujourd'hui très altérée, pulvérulente.

A 20^{km} plus loin, au Teniet Bezzouz (cote 1250), on atteint le bord de la pénéplaine. C'est, en même temps, le bord du Haut Plateau. La piste descend, très vite à partir de ce col, vers des ravinements capricieux qui la conduisent à un gradin inférieur (cote 750), d'où l'on accède à Debdou. On sait que ce gradin : plaine de Tafrata, correspond au bassin de la Moyenne Moulouya.

Un embranchement S-N conduit du Teniet Bezzouz à Kasba Fokokine, village berbère presque abandonné, puis à Sidi Lahsen où se trouvent les installations modernes d'une importante mine de plomb argentifére (1).

Grâce à ces travaux miniers, la vieille piste militaire est carrossable, depuis Berguent, sur 60^{km}.

L'embranchement nouveau montre une grande épaisseur de schistes, plissés et ravinés. Il contourne la table calcaire et dolomitique horizontale (cote 1400) du Djebel Mekam, aux bords déchiquetés.

Le Mekam est une gara, d'une superficie de 25 à 30$^{km^2}$, détachée au nord-est du vaste plateau liaso-jurassique, la Gada de Debdou (altitude 1600^m). La Gadet el Graa (altitude 1500^m) établit la liaison.

La table du Mekam repose sur les schistes rubéfiés par places, par l'intermédiaire de la même roche verte, d'Oglat Meridja, dont j'ai noté l'immense étendue au Maroc : jusqu'au cœur du Grand Atlas oriental, dans le Haut Guir. C'est la même « diabase » que L. Gentil avait mentionnée dès 1908 aux Beni Snassen, où je l'ai vue passer latéralement (en partie) au Trias gypseux de Sefrou. J'ai constaté, depuis, qu'elle admet même une interstratification de calcaires lités, que j'attribuerais à l'Infralias : aux Beni Snassen (près Aïn Sfa), chez les Zekkora (près Aïn Tinezi).

Ces *roches vertes*, dont la mise en place a dû débuter au Permien, sont tantôt filoniennes, tantôt laccolithiques, tantôt stratoïdes, représentant alors de véritables épanchements. En ce cas, elles se montrent souvent feu-

(1) Certaines cartes au $\frac{1}{200000}$ portent là l'indication : El Maden. Il s'agit de mines romaines, exploitées jusqu'au niveau hydrostatique, dans les parties tendres des gros filons quartzeux.

trées de filonets siliceux : quartz, calcédoines et jaspes. J'en ai noté chez les Beni Snassen, les Zekkara, les Beni Yala, au Nargueschoum, enfin au Mekam.

Ici, près Kasba Fokohine, j'ai recueilli un échantillon, dans un de ces filonets particulièrement épais (15^{cm}). J'y ai reconnu des parcelles d'or natif.

A peine discernables à l'œil nu, ces traces de métal pur sont rassemblées, sur une face de l'échantillon, en un alignement de 5^{mm}. La plus volumineuse mesure $0^{mm},5$, en longueur et largeur, et 0,05 en épaisseur. Au microscope le métal éclairé est d'un beau jaune, à surface granuleuse et striée, avec tendance à la texture fibreuse.

Le volume total de ce groupe de particules peut atteindre $0^{mm^3},05$.

Sur une autre face de l'échantillon, d'autres parcelles sont noyées dans la calcédoine translucide. Elles y forment de minuscules taches opaques et présentent l'éclat métallique jaune dès qu'elles arrivent à percer leur gangue. Les unes sont plates, comme de fines pellicules; d'autres simulent de microscopiques bâtonnets ou globules.

Au total, il y a près de 2^{mg} d'or discernable superficiellement, sans broyer l'échantillon, qui pèse moins de 500^{g}. Je n'en ai pas vu d'autre qui m'ait paru aurifère.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur un gisement de molybdénite du Maroc.* Note de M. Maxime Coutin.

En juillet 1924, j'ai étudié un gisement de molybdénite en exploitation situé dans le Grand Atlas marocain, près d'Azegour, à 10^{km} environ au sud-ouest d'Amismiz.

Le minerai s'y présente dans des conditions particulières. Il est en rapport avec un large développement de grenatite dans un banc de calcaire fortement redressé, chargé de quelques lentilles de graphite et intercalé dans une série schisteuse métamorphisée au contact d'un massif de granite.

Cette grenatite est généralement très compacte. La molybdénite s'y rencontre sous divers aspects : soit en lamelles aplaties très disséminées, soit en masses foliées associées parfois à des parties friables riches en pyroxène, soit encore à l'intérieur de nodules ferrugineux. Elle est fréquemment accompagnée de pyrite et de pyrrhotite.

Les grenats qui constituent la roche sont, par places, englobés dans du

quartz ou dans des recristallisations de calcite et de barytine. Ils possèdent surtout la forme de dodécaèdres rhomboïdaux. Leur dimension peut atteindre presque 1^{cm}. Ils sont de couleur variable, verdâtre ou brunâtre, et fondent facilement au chalumeau en donnant un verre noir non magnétique.

Leur analyse me conduit à leur attribuer une composition intermédiaire entre le grossulaire et le mélanite. La mesure de leur densité fournit un résultat identique.

En plaque mince, on observe que ces grenats, qui paraissent s'être formés postérieurement à la molybdénite, contiennent de nombreuses inclusions de diopside. De plus, ils sont doués d'anomalies optiques très nettes qui sont celles de la pyrénéite. Le grand écartement de leurs axes optiques les rapproche, en particulier, du grenat de Framont décrit par M. A. Lacroix. Ils offrent, enfin, une structure zonaire qui se traduit par des bandes concentriques de biréfringence inégale.

En résumé, cette minéralisation s'apparente aux gîtes de contact du type Banat. Les gisements exploitables de molybdénite sont liés, en général, à des granulites, filons de pegmatites et quartz stannifères. Il semble que l'exploitation décrite ici soit de nature fort exceptionnelle.

BOTANIQUE. — *Influence de la lumière et de la température sur la germination des graines en absence de calcium.* Note de M. **R. Cerighelli**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai montré qu'à l'obscurité et à la température de 21°, la stérilisation des milieux de culture, l'immersion des cotylédons, l'eau à l'état de vapeur, n'amélioraient pas sensiblement la germination des grains de Pois en absence de calcium.

L'étude de l'influence de la *lumière* vient de me conduire à des résultats semblables. Les expériences, faites avec les graines de Pois toujours suivant la technique qui a déjà été décrite, ont été arrêtés après 19 jours de germination, à la température de 16° à 18°; à ce moment, les pousses avaient cessé de s'accroître. Dans le tableau suivant, sont rassemblées les longueurs moyennes des tiges et des racines, développées dans de l'eau pourvue ou non de chaux et exposées à la lumière diffuse ou maintenues à l'obscurité.

([1]) *Comptes rendus*, 181, 1924, p. 728.

	Sans chaux.		Avec chaux.	
	Racines.	Tiges.	Racines.	Tiges.
Lumière........	38mm	28mm	111mm	102mm
Obscurité......	47mm	29mm	132mm	124mm

La lumière n'améliore donc pas la germination en absence de calcium.

J'ai obtenu des résultats un peu différents en étudiant l'influence de *diverses températures*. Voici les tailles moyennes des pousses de Pois après 8 jours, 13 jours et 40 jours de germination avec ou sans chaux :

	Sans chaux.		Avec chaux.	
	Racines.	Tiges.	Racines.	Tiges.
1° *Après 8 jours de germination :*				
11°..............	30mm	12mm	46mm	17mm
15..............	33	»	70	»
21..............	33	10	92	16
24..............	41	16	82	22
34..............	30	11	58	6
2° *Après 12 jours de germination :*				
11..............	33	81	99	94
15..............	42	30	129	55
21..............	33	25	104	66
3° *Après 40 jours de germination :*				
10..............	26	135	158	218

Après 8 jours de germination, seules les racines donnent des résultats appréciables. Dans l'eau pure, elles ont la même longueur, quelle que soit la température; par contre, en présence de chaux, elles présentent un développement inégal, avec un maximum pour la température de 21°. *La chaux est donc absolument nécessaire pour que la température puisse agir sur la vitesse de croissance de la racine;* cette base agit comme un *facteur limitant* de Blackman.

Dans cette première série d'expériences la croissance des pousses était arrêtée dans l'eau pure, à 24° et à 34°; on n'a donc laissé que les autres graines en culture.

Après 12 jours de germination dans l'eau pure les racines cessent de s'accroître à toutes les températures; il en est de même des tiges à 15°

et à 21°. Par contre, à 11°, les tiges dont la croissance n'est pas arrêtée, atteignent la taille de 81^{mm}, qui est bien supérieure à celle qu'on aurait pu obtenir jusqu'ici en faisant varier d'autres conditions.

Dans mes expériences antérieures, les tiges n'ont jamais dépassé la longueur de 40^{mm}. Il faut remarquer en passant que, dans la deuxième série d'expériences, le maximum de développement en présence de chaux a lieu par la température de 15°.

L'expérience a été recommencée à la température de 10°, et on a mesuré les formes, après 40 jours, quand leur croissance était arrêtée dans l'eau pure. Les racines ne se sont pas mieux développées que dans les autres expériences; mais les tiges ont atteint une taille moyenne de 135^{mm}, c'est-à-dire 5 fois supérieure à celle de tiges s'étant formées à 21°. Dans tous les cas, la taille des tiges est beaucoup plus grande quand les graines ont germé en présence de chaux.

En résume, on peut conclure que, *dans la germination des graines de Pois, en absence de chaux :*

1° La lumière n'exerce aucune influence sur la croissance de la racine et de la tige;

2° La température exerce une action spéciale sur chacun de ces deux organes. Tandis que la racine atteint la même longueur à 11°, 15°, 21°, 24° et 34°, la tige ne présente les mêmes phénomènes que pour les températures supérieures à 11°. Par contre, à 10° et 11°, la tige s'accroît bien au delà de la limite qu'elle atteint aux autres températures.

Cette action spéciale des basses températures est sans doute en rapport avec la chaux contenue dans la graine. J'essaie de l'établir expérimentalement.

BOTANIQUE. — *Sur les relations du système vacuolaire avec l'appareil réticulaire de Golgi dans les Végétaux.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dès nos premières recherches sur le système vacuolaire des végétaux nous avions fait ressortir la grande ressemblance que présente dans les cellules embryonnaires, en coloration vitale, l'ensemble des vacuoles avec l'appareil réticulaire de Golgi. Nous avions montré, d'autre part, qu'après traitement par la méthode de Regaud, les mêmes figures sont représentées par de fins canalicules incolores, rappelant beaucoup les canalicules de

Holmgren. Nous avions donc formulé l'hypothèse que les formations de signification énigmatique décrites dans la cellule animale sous le nom d'appareil de Golgi et de canalicules de Holmgren représenteraient peut être une même formation obtenue par des méthodes différentes soit en positif, soit en négatif, et qui correspondrait à un vacuome semblable à celui de la cellule végétale. Plus tard, avec Mangenot, nous avons obtenu une vérification de cette hypothèse en traitant les cellules du méristène de la racine d'Orge par les techniques propres à la différenciation des canalicules de Holmgren et de l'appareil de Golgi. Les recherches de Corti et surtout celles de Parat et Painlevé ont ensuite apporté une confirmation à cette opinion dans la cellule animale et montré qu'effectivement les canalicules de Holgren et l'appareil de Golgi correspondent à une même formation colorable sur le vivant par le rouge neutre et semblable au vacuome de la cellule végétale. Toutefois, cette question a soulevé de vives controverses et une étude plus complète des relations du vacuome avec l'appareil de Golgi dans la cellule végétale était nécessaire.

Nous nous sommes adressé exclusivement à des plantes que nous connaissions spécialement pour les avoir étudiées vitalement et après fixation par les techniques mitochondriales. Pour l'instant, nous nous bornerons à l'étude d'un *Saprolegnia*. Rappelons que nos recherches antérieures ont montré que ce champignon offre un système vacuolaire qui revêt dans les extrémités des filaments en voie de croissance l'aspect d'un fin réseau de canalicules que l'on peut facilement colorer vitalement par le rouge neutre. A mesure que l'on s'éloigne de l'extrémité du filament, on voit ce réseau se gonfler, puis se transformer par confluence des canalicules qui le constituent en une sorte de canal vacuolaire unique qui occupe tout l'axe du filament. Le rouge neutre confère à ce canal une teinte rose et détermine la précipitation d'une partie de son contenu sous forme de corpuscules fortement teints en rouge et animés de mouvements browniens. Les techniques mitochondriales ne colorent ce système vacuolaire dans aucun stade de son développement.

En traitant le champignon par la méthode préconisée par Bensley pour la mise en évidence des canalicules de Holmgren, on obtient dans les extrémités des filaments un réseau de canalicules incolores qui se détachent à l'emporte-pièce du cytoplasme teint en gris et qui dans les régions plus âgées se fusionnent en un canal vacuolaire.

Les méthodes à imprégnation argentique utilisée pour la différenciation de l'appareil de Golgi (méthode de Lajal et de da Fano) donnent dans ce

champignon, comme dans d'autres végétaux que nous avons étudiés en même temps, des résultats extrêmement irréguliers. Dans certains filaments, le noyau apparaît seul imprégné; dans d'autres, on observe une très belle différenciation du chondriome, mais dans la grande majorité des cas, l'imprégnation porte exclusivement sur le vacuome. Dans les filaments jeunes, celui-ci apparaît parfois sous forme d'un réseau de canalicules incolores dans lesquels se trouvent de nombreux précipités colorés, mais le plus souvent, surtout avec la méthode de da Fano qui s'est montrée la meilleure, tout le réseau apparaît uniformément coloré en noir avec l'aspect typique d'un réseau de Golgi. On a alors des figures schématiques tout à fait semblables à celles que l'on obtient par coloration vitale au rouge neutre. Dans les parties plus âgées du filament où le réseau se transforme en canal vacuolaire, le canal reste incolore, mais montre de gros corpuscules teints en noir; rarement le canal prend une teinte diffuse, un peu plus accentuée que celle du cytoplasme. La méthode à l'osmium réduit nous a fourni des résultats semblables, bien que les différenciations soient très délicates, en raison de l'abondance des granulations graisseuses. Le chondriome prend par cette méthode une teinte grise qui disparaît très vite pendant le traitement au permanganate de potassium. Dans d'autres champignons, cette méthode nous a permis de constater que dans certains endroits du mycélium, le chondriome prenait une teinte noire et pouvait se confondre avec les éléments du vacuome.

Ainsi, nos recherches démontrent donc que le système vacuolaire du *Saprolegnia* dans ses formes initiales prend, avec la méthode de Benslen, l'allure des canalicules de Holmgren, et avec les méthodes à imprégnation argentique, l'aspect caractéristique du réseau de Golgi; ce dernier aspect correspond tout à fait aux figures obtenues par coloration vitale au rouge neutre.

Ce résultat apporte donc une confirmation à l'opinion que nous avions formulée antérieurement ainsi qu'aux conclusions de Corti et de Parat et Painlevé.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'influence de la chaleur et de l'évaporation rapide sur les Myxomycètes Calcarées vivant en plein soleil.* Note de M. **Marcel Brandza**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans les montagnes de la Moldavie, au Monastère Neamtz, s'établit en plein soleil, sur les planches de Sapin dont les maisons sont couvertes, toute une végétation xérophyte de Mousses et de Lichens. Parmi ces plantes, on constate la présence d'un grand nombre de Myxomycètes, la plupart très rares ou même inconnus en Europe. Cette flore, comptant plus de 50 espèces de Myxomycètes Calcarées, est celle des forêts de Conifères voisines. Les spores, transportées de ces forêts par le vent, trouvent sur les toitures pourries des habitations des conditions favorables à leur développement. Elles s'y adaptent à la vie en plein soleil, tout en subissant de nombreuses et profondes modifications, toujours les mêmes pour une espèce donnée. La couleur et l'état du péridium, le degré de calcification des sporanges, la structure de leur capillitium, en un mot tous les éléments de la classification des genres et des espèces, se ressentent de ces nouvelles conditions de vie. Seules les spores semblent plus réfractaires. Voici quelques exemples :

Genre Physarum. — Les sporanges ont des couleurs plus vives que leurs congénères ombrophylles des forêts avoisinantes. *Ph. bogoriense* Racib. est jaune brillant, *Ph. Bethelii* Macbr. bleu métallique, *Ph. sessile* Brandza orangé ou jaune doré, *Ph. nucleatum* Rex rouge cuivre, *Ph. penetrale* Rex bleu ou vert foncé, *Ph. Serpula* Morg. et *Ph. tenerum* Rex orangés. Les nœuds du capillitium diminuent en surface, s'appauvrissent en granules calcaires, tandis que les filaments hyalins qui réunissent ces nœuds se multiplient et s'anastomosent d'avantage. Le péridium, au contraire, s'épaissit et s'incruste d'un excès de granules calcaires. Quand il est normalement lisse, le péridium devient rugueux; quand il est rugueux, il se charge d'écailles.

Genre Badhamia. — Le changement de la couleur est encore plus accentué. *B. foliicolla* Lister devient bleu indigo foncé, *B. decipiens* Berk. orangé rougeâtre, *B. panicea* Rost. gris bleuâtre foncé, etc. Dans toutes ces espèces, ainsi que dans *B. populina* List., *B. magna* Peck et *B. rubiginosa* Rost., le capillitium ne conserve plus les granules calcaires que dans ses portions plus dilatées et devient *physaroïde*. Le péridium se comporte comme précédemment.

Genre Craterium. — Les trois espèces que nous avons examinées, *C. minutum* Fr., *C. leucocephalum* et *C. aureum* prennent la forme subglobuleuse et la déhiscence

irrégulière, exactement comme dans la variété *scyphoides* List. du *C. leucocephalum* Ditm. Le péridium et le capillitium, comme précédemment.

Genre Cienkowskia. — L'espèce unique, *C. reticulata*, ne se reconnaît plus que grâce à la belle couleur orangée tachetée de pourpre de ses plasmodiocarpes sinueux. Son capillitium, profondément modifié, est celui d'un *Physarum*.

Genre Diderma. — Les deux espèces que nous avons étudiées, *D. rugosum* Macbr. et *D. arboreum* G. List. et Petch sont également méconnaissables. La première accentue d'avantage les lignes de déhiscence de son péridium épaissi, perd sa columelle, dilate çà et là ses filaments capillitiens qui s'anastomosent comme dans un *Physarum*. La seconde espèce, très aplatie et couverte d'écailles, a les filaments capillitiens deux fois plus larges que d'habitude.

Toutes ces espèces, récoltées sur les toitures à l'état de plasmodium et transportées ensuite dans un ravin de la forêt voisine, ont donné des sporanges normaux.

En résumé, les Myxomycètes Calcarées vivant en plein soleil sur les toitures, subissent les modifications suivantes :

1° La couleur du péridium devient plus intense;

2° La matière calcaire des sporanges se concentre dans le péridium qui s'épaissit, en assurant une protection plus efficace aux spores; dans les mêmes proportions, le capillitium s'appauvrit en granules calcaires;

3° Dans tous les genres étudiés le capillitium devient *physaroïde*. Les choses se passent comme si tous les membres de la famille des Calcarées subissaient, sous l'influence de ces nouvelles conditions de vie, un retour vers une forme unique et pour ainsi dire primitive, qui est celle d'un *Physarum*.

Des observations comme celles que nous venons de faire peuvent permettre, dans bien des cas, de préciser la valeur systématique des genres, espèces et variétés appartenant au groupe de Myxomycètes.

MYCOLOGIE. — Armillaria mellea (*Val.*) *Quél., cause du dessèchement des forêts de Chêne en Yougoslavie.* Note de M. **Pierre Georgévitch**, présentée par M. J. Costantin.

Les forêts de Chêne bien connues de la Slavonie (Yougoslavie) subissent actuellement une crise très grave, menaçant de les détruire. En effet, le dessèchement des troncs de Chêne, que l'on remarquait d'une façon sporadique déjà depuis 1902, prenait, depuis 1912, d'assez grandes proportions et devenait parfois désastreux. Le mal atteignait le Chêne à tous les âges, les pieds très jeunes aussi bien que les arbres âgés de 200 ans. La quantité de troncs desséchés est énorme et atteint, dans les forêts situées

aux bords du fleuve Sava, à l'est de Sisak, le chiffre de plus de $500 000^{m^3}$. Cette perte matérielle énorme mérite déjà, à elle seule, d'attirer l'attention des intéressés et des chercheurs, et les inciter à des recherches sur la cause du mal.

Les recherches entreprises jusqu'ici ont donné des résultats différents, parfois même contradictoires. Il s'en dégage pourtant qu'il faut accuser comme causes primaires du desséchement des forêts de Chêne : les chenilles (*Liparis dispar*, *Liparis chrysorrhœa* et *Bombyx neustria*); le *Microsphæra Alni*, *forma Quercina* Neg.; la limonite et l'eau.

En tenant pourtant compte de la résistance relativement grande du Chêne et de son pouvoir reproductif, il est difficile d'admettre que les agents cités soient capables de tuer le Chêne même en agissant simultanément ou l'un après l'autre. C'est surtout le cours rapide du desséchement et son apparition brusque qui se laissent difficilement ramener à l'action des agents cités plus haut.

C'est pourquoi nous avons porté une attention particulière aux altérations anatomiques et physiologiques dans la racine et le tronc des Chênes montrant les premiers indices du mal. En étudiant la racine des arbres malades, nous avons pu constater la présence du rhizomorphe, *forma terranea* d'*Armillaria mellea*, appliquée à l'écorce de la racine. Le rhizomorphe, grâce à ses hyphes très grêles, incolores et ramifiées qui partent de sa surface, pénètre probablement à travers une lésion quelconque dans l'écorce et même jusqu'au xylème de la racine, ses hyphes désorganisent les tissus corticaux et le cambium. Le rhizomorphe aplati émet, dans les cellules du xylème, des hyphes incolores, dont celles partant du milieu du rhizomorphe sont à direction verticale et celles partant des extrémités, à direction latérale. Ces hyphes, incolores au commencement, deviennent bientôt de couleur brune, empruntant ainsi à la cellule-hôte cette même couleur. En même temps, elles forment, au niveau du milieu du rhizomorphe, une sorte de clou, et au niveau des extrémités des lignes noires en forme de cercle, lesquelles forment souvent un anneau fermé au-dessous de la surface du xylème.

Le mycelium s'étend de la racine à travers ses vaisseaux de même qu'entre l'écorce et le xylème vers le tronc. A ce stade, le mycelium acquiert une propriété très favorable à son développement. Primitivement filamenteux et très ramifié, le mycelium se renfle maintenant à son extrémité et forme une véritable bulle. Ce processus se répète sur l'hyphe entière qui se transforme à la fin en un certain nombre de petites bulles incolores au commencement, mais devenant par la suite de couleur brune. Les bulles ainsi formées obstruent complètement la lumière des vaisseaux de la racine, de même que ceux du tronc, ce qui provoque un arrêt dans la circulation des sucs dans les tra-

chées, et des troubles de la transpiration et de la nutrition. Il s'ensuit que les feuilles des branches dont les vaisseaux sont obstrués par les bulles formées sur les hyphes se fanent, et les branches mêmes se dessèchent.

Le mycelium d'*Armillaria* pénètre à travers les vaisseaux de la racine dans la souche du Chêne et de là vers le haut, dans le tronc, ou bien il descend plus bas pour envahir les ramifications indemnes de la racine dont il obstrue les vaisseaux de la même façon par les bulles d'hyphes.

C'est de ce processus de la contamination des ramifications de la racine que dépend le degré du dépérissement de l'arbre même, ce qui en réalité se produit du sommet vers le bas. En outre, le mycelium qui s'étend entre l'écorce et le xylème du tronc s'épaissit fortement et forme une couche de 170-190$^{\mu}$ d'épaisseur. C'est dans cette couche que se forment, par la réunion des hyphes en faisceaux, ces rhizomorphes sous-corticaux qui s'étendent vers le haut sans toutefois jamais atteindre le sommet déjà desséché du tronc, car on sait que les rhizomorphes ne peuvent s'accroître que sous l'écorce vivante ou tout au moins encore succulente.

Il résulte de tout ce qui précède que le dessèchement des troncs de Chêne, et partant des forêts de Chêne entières, est produit par le mycelium d'*Armillaria mellea* qui détruit l'écorce et le cambium de la racine et du tronc, et obstrue ensuite la lumière des vaisseaux de ces mêmes parties de l'arbre. La diminution du pouvoir absorbant de la racine atteinte, et les troubles de la transpiration par suite de l'obstruction des vaisseaux, sont dues à l'action du mycelium d'*Armillaria mellea*.

Le cas décrit est un bel exemple d'un saprophyte devenant parasite, parasite de plaies.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la perception monoculaire du relief par l'observation directe*. Note (¹) de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Hérubel**, présentée par M. d'Arsonval.

La perception monoculaire du relief, qui peut être obtenue comme nous l'avons montré dans une Note antérieure (²), en amenant deux images conjuguées sur la même rétine à l'aide de prismes, est également donnée par l'observation directe des objets.

Plaçons contre un œil, l'autre étant fermé, un diaphragme-iris dont l'ouverture pourra être légèrement modifiée, sans que cette modification retienne notre attention. Les objets paraissent se rapprocher ou s'éloigner

(¹) Séance du 8 février 1926.

(²) *Comptes rendus*, **117**, 1923, p. 285.

de l'observateur, selon que l'ouverture du diaphragme augmente ou diminue. Le déplacement latéral du diaphragme détermine de même un mouvement apparent et en sens contraire des objets observés. Toute inclinaison du diaphragme dans un plan quelconque détermine un mouvement apparent des objets. Ces mouvements apparents sont dus à des modifications des images rétiniennes.

Substituons, en effet, à l'œil dans les expériences précédentes un appareil microphotographique à diaphragme excentré, nous pourrons tracer le contour de l'image de l'objet pour deux ouvertures extrêmes du diaphragme-iris. Les résultats obtenus confirment nettement les observations précédentes. L'image augmente ou diminue, suivant que l'ouverture du diaphragme augmente ou diminue. Tout mouvement du diaphragme détermine un mouvement apparent de l'image dont l'aspect seul est modifié.

Nous sommes en mesure de montrer que la loupe et l'objectif donnaient un grand nombre d'images du même objet, et qu'en particulier un écran partiel placé devant l'objectif et mobile dans un plan perpendiculaire à l'axe optique permettait de séparer ces images, de les enregistrer par le film et de les projeter sur l'écran.

Les expériences précédentes permettent de comparer à l'œil composé de l'insecte non seulement la loupe et l'objectif, mais le cristallin lui-même. Loupe, objectif, cristallin ne différeraient donc de l'œil composé que par une simplification de leur structure, et donneraient, comme lui, plusieurs images du même objet.

Le relief, que donne sur l'écran la projection des images différentes obtenues par l'écran partiel et l'objectif, serait donc identique à celui que donnerait la vision monoculaire.

Il est évident que des points, situés à des distances différentes et visibles pour une grandeur et une position déterminées de l'ouverture du diaphragme excentrée, peuvent disparaître, lorsque le cône lumineux ayant pour sommet ces points et pour base une partie de la surface externe de l'objectif se trouve plus ou moins intercepté par le déplacement de ce diaphragme ou par diminution de son ouverture. A ces différents facteurs s'ajoutent d'ailleurs les déformations de l'image dues à l'aberration de sphéricité du système optique.

Les différentes images rétiniennes reçues par la même macula, qu'elles soient données par l'écran ou par l'observation directe, provoquent donc la formation de cérébrales élémentaires dont la fusion psychique nous fait connaître la distance et la forme des objets, c'est-à-dire leur relief.

La perception monoculaire du relief, contestée par les uns, admise par les autres et revendiquée par les borgnes, est donc un fait.

Toutefois, la vision binoculaire, en permettant à chaque hémisphère de fusionner en une cérébrale unique les cérébrales élémentaires provoquées par les rétiniennes données par les deux cristallins, présente sur la vision monoculaire une supériorité plus ou moins grande, selon que les objets sont plus ou moins rapprochés.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'ergotinine sur l'utérus du Cobaye.* Note [1] de MM. H. SIMONNET et G. TANRET, présentée par M. Henneguy.

L'activité physiologique de l'ergotinine cristallisée — démontrée par les travaux français de Wertheimer et Magnin (1892), de Plumier (1905), de Tiffeneau (1920), de Bierry et Rathery (1923), de Hamet (1926) — a, depuis quelques années, été mise en doute par les physiologistes étrangers. Nous avons repris la question, nous limitant à l'action sur l'utérus de cobaye, vierge ou gravide. Nous voulions voir en même temps si l'alcaloïde, corps bien défini, pourrait servir de test pour mesurer l'activité des produits post-hypophysaires.

1. Nous avons d'abord appliqué la méthode qui a servi à l'un de nous, en collaboration avec Pénau [2], pour étudier *in vitro* l'action de l'extrait du lobe postérieur d'hypophyse sur l'utérus isolé de cobaye vierge, plongé dans du liquide de Ringer. La difficulté à vaincre était de maintenir l'ergotinine en solution : on ne peut en effet additionner le Ringer de lactate d'ergotinine sans voir aussitôt l'alcaloïde se précipiter, déplacé par le bicarbonate de soude; dans un Ringer privé de CO^3NaH, et où l'ergotinine est stable, l'utérus est inexcitable. Mais remplaçant le Ringer par du sérum de cheval — soit pur, soit dilué de moitié avec du Ringer (neutre ou alcalin) — nous avons constaté que celui-ci, en dépit de sa réaction alcaline, et grâce à ses colloïdes, empêche la précipitation de l'alcaloïde, au moins partiellement et temporairement. En pareil milieu albumineux, tant avec l'extrait post-hypophysaire qu'avec l'ergotinine, les cornes utérines de cobaye donnent des contractions de bonne amplitude.

Dans ces expériences *in vitro*, l'extrait d'hypophyse s'est toujours montré plus puissant que l'alcaloïde de l'ergot. Mais dans les conditions de nos

---

(1) Séance du 8 février 1926.

(2) PÉNAU et SIMONNET, *J. Pharm. et Chim.*, 8e série, **2**, 1925, p. 513.

essais où il était peut-être difficile d'apprécier jusqu'à quel point la solubilisation de l'alcaloïde reste stable, où l'influence propre du sérum n'était pas sans jouer un certain rôle, et où la constance des réponses avec l'alca-

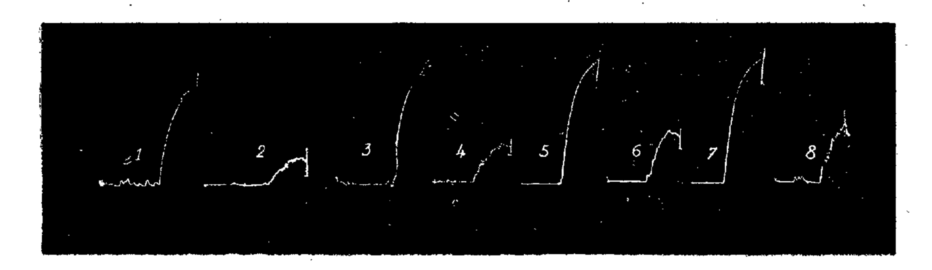


Fig. 1. — Cobaye vierge 160g : utérus *in vitro*. — 1, 3, 5, 7 : 0cm³,4 solution au dix-millième d'extrait de lobe postérieur d'hypophyse. — 2 et 4 : 1cm³ solution ergotinine à 2 pour 1000 (âgée de 3 semaines). — 6 et 8 : 1cm³ solution ergotinine à 2 pour 1000 (âgée de 24 heures). Sérum de cheval dilué de moitié avec solution de Ringer (bicarbonaté). Volume du bain : 75cm³.

loïde n'était jamais absolue, cette différence d'action ne permet pas, jusqu'à présent, de préjuger des rapports d'activité qui peuvent exister entre les deux substances, ni d'établir de méthode quantitative de comparaison.

2. Nous avons d'autre part expérimenté sur l'utérus *in situ* (cobaye

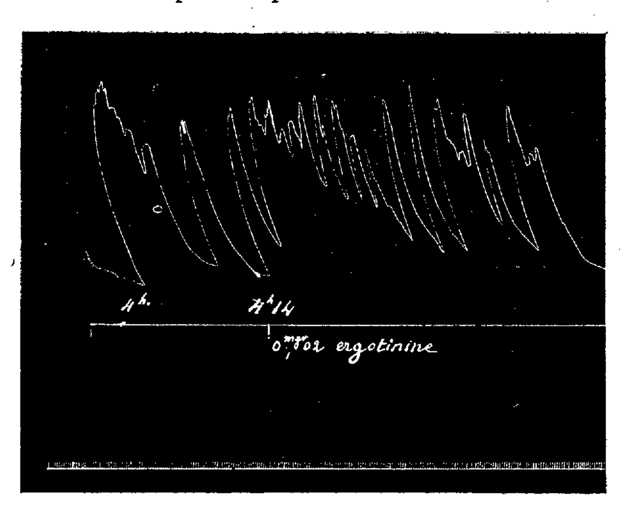


Fig. 2. — Cobaye gravide 450g (3 fœtus de 12, 12 et 15g). — Utérus *in situ*, animal chloralosé. Injection intra-pleurale de 0mg,02 ergotinine.

laparatomisé, dont la cavité abdominale est plongée dans un bain de Ringer à 38-40° : injection intra-thoracique de lactate d'ergotinine). Chez la

femelle vierge, mais surtout chez la femelle gravide, et pour des doses, allant de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{10}$ de milligramme, injectées à des cobayes de 300 à 450^g, nous avons enregistré des contractions amples et rapprochées, à allure souvent tétaniforme, avec augmentation du tonus, différant totalement du rythme primitif de l'utérus. L'action qui suit chaque injection dure parfois une demi-heure et davantage.

3. On doit immédiatement écarter l'objection d'une transformation possible de l'ergotinine en ergotoxine, laquelle aurait seule une activité propre (Dale). Nous avons en effet employé des solutions fraîches d'alcaloïde : d'autre part nous n'avons pas trouvé de différence d'action entre des solutions datant de 24 heures et d'autres datant de 3 semaines. Enfin une solution aqueuse de lactate d'ergotinine à 2 pour 1000 a été précipitée par NH^3 au bout de 30 jours : l'ergotinine brute, lavée et séchée, avait passé de $(\alpha_D) + 335°$ à $+ 330°$ (solution à $\frac{1}{200}$ dans alcool à 95°), alors que pour l'ergotoxine, et dans les mêmes conditions (α_D) est compris entre $+ 0°,6$ et $+ 45°,3$ (Barger). La formation d'ergotoxine, très lente, était donc pratiquement négligeable.

4. De ces constatations sur l'utérus *in vitro* et en particulier sur l'animal gravide, il ressort que l'ergotinine cristallisée a une action utérine bien nette, qui, rapprochée de ses autres propriétés physiologiques, permet de la regarder comme un des principes vraiment actifs de l'ergot. La question de son emploi comme test, vis-à-vis de l'utérus isolé et par les méthodes ordinaires, doit encore rester réservée.

ENTOMOLOGIE. — *Sur une faunule coléoptérologique pliocène du nord de l'Angleterre.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les couches préglaciaires de Castle Eden (Comté de Durham) qui ont été décrites par C.-T. Trechmann (1915, 1918) et qui recèlent la flore étudiée par M^{me} E.-M. Reid (1920), ont pu, grâce à la composition de cette flore, être datées et rapportées au pliocène moyen. Elles ont fourni quelques rares débris d'Insectes Coléoptères qu'il m'a été donné d'étudier.

Les formes que j'ai pu identifier sont les suivantes :

1. *Trechus præglacialis* Lesne 1920, espèce éteinte de la famille des Carabides, affine du *T. amplicollis* Fairm., espèce vivante, de mœurs hygrophiles, localisée dans le Massif Central de la France, dans les monts Sudètes et dans les Beskides.

2. *Abax durhamianus* n. sp., forme éteinte de la famille des Carabides, affine de l'*A. carinatus* Duft., espèce vivante, sylvicole, habitant l'Europe centrale et orientale, depuis le Jura bâlois jusqu'en Valachie.

3. *Pterostichus* (*Argutor*) *pliocenicus* Lesne 1920, forme éteinte de la famille des Carabides, apparentée à l'*Argutor strenuus* Panz., espèce vivante paneuropéenne, hygrophile et sylvicole.

Si elle n'est pas accidentelle, l'absence du pore sétigère antérieur sur le troisième interstrie élytral, chez l'*A. pliocenicus*, indique, en outre, des affinités asiatiques.

4. *Hydroporus discretus* Fairm., race *edenianus* n., race vraisemblablement éteinte d'une forme de la famille des Dytiscides, qui habite actuellement toute l'Europe septentrionale et moyenne. Espèce aquatique, recherchant les mares sous bois (L. Bedel).

5. *Xantholinus linearis* Ol., race *anglicus* n., race vraisemblablement éteinte d'une espèce paneuropéenne de la famille des Staphylinides.

6. *Hydræna reidiana* Lesne 1920, espèce aquatique de la famille des Hydrophilides, paraissant éteinte, et dont les affinités immédiates ne sont pas connues.

7. *Phytodecta* (*Goniomena*) *exilis* n. sp., espèce éteinte de la famille des Chrysomélides, apparentée au *P. quinquepunctata* F., forme phytophage vivante, propre à l'Europe centrale, et se développant sur le *Sorbus aucuparia* L. et le *Cerasus padus* DC. Le *Goniomena* pliocène était vraisemblablement inféodé à quelqu'une des Pomacées identifiées par M^me^ Reid.

Comme on le voit, aucune des espèces énumérées ci-dessus n'a survécu, du moins sous sa forme médio-pliocène. De deux d'entre elles seulement, le *Xantholinus* et surtout l'*Hydroporus*, on peut dire qu'elles ne diffèrent que faiblement des formes correspondantes actuelles.

Cette association d'espèces habitait, selon toute probabilité, une région boisée et humide, dont le climat était tempéré et plutôt froid. La présence, dans la même région, d'essences forestières telles que le *Betula alba* L., l'*Alnus glutinosa* Gaertn. et l'*A. viridis* D.C., reconnue par M^me^ Reid, vient à l'appui de ces données.

Mais le caractère le plus frappant de la faunule de Castle Eden résulte de ses affinités géographiques. L'Angleterre n'a conservé de représentants que de 3 des types médio-pliocènes identifiés ci-dessus, et, sur les 4 types qu'elle a perdus, 3 ne se retrouvent aujourd'hui que dans l'Europe centrale et orientale ou sur certains massifs anciens s'étendant du Plateau central de la France à l'extrémité occidentale des Carpathes. Ces faits corro-

borent l'hypothèse émise par C. et E.-M. Reid (1915) à propos des végétaux pliocènes de l'Europe, à savoir que nombre d'espèces ont trouvé dans les régions montagneuses un asile où elles ont pu franchir, avec de plus grandes chances de survie que dans les régions de plaines, les vicissitudes climatériques des périodes glaciaires.

Mais tandis que les types végétaux pliocènes éteints dans l'Europe occidentale n'ont généralement survécu que dans des contrées lointaines telles que l'Asie Mineure, l'Himalaya, les régions montagneuses de la Chine occidentale et même le Japon et l'Amérique du Nord, les formes contemporaines de Coléoptères dont il est ici question ont pu se maintenir en Europe même, au pourtour du massif alpin. C'est ainsi que les régions qui enveloppent ce massif à l'Ouest, au Nord et à l'Est, sont les seules où se soient perpétués, dans leur presque totalité, les vicariants des Coléoptères pliocènes de Castle Eden.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des huiles d'animaux marins. Recherches sur l'huile de cachalot et le spermaceti.* Note de M. **Émile André** et de M^{lle} **Th. François**, préseutée par M. Charles Moureu.

La puissante impulsion donnée depuis plus de trente ans aux études océanographiques par S. A. S. le Prince Albert de Monaco a permis aux naturalistes de mieux connaître l'anatomie et la physiologie du géant des mers qu'est le cachalot, mais ce n'est que récemment que les chimistes ont repris l'étude des produits utiles que nous fournit ce grand cétodonte [1].

L'huile retirée de sa cavité cranienne, dite organe du blanc, et celle que fournit la fonte de sa couche adipeuse sous-cutanée (lard) sont l'objet de données contradictoires. Pour les uns elles ne contiennent pas de glycérides, ce sont des cires liquides; pour d'autres, au contraire, la glycérine existe en quantités appréciables dans les produits de leur saponification [2].

Nous nous sommes procuré dans le commerce de l'huile de tête de cachalot (huile de spermaceti), qui nous a été donnée comme authentique; d'autre part, une entreprise hispano-norvégienne de chasse aux grands

---

(1) Tsujimoto, *Journ. Chem. Ind. Japan*, 24, n° 275, 1920; *Chemische Umschau*, 30, 1923, p. 33.

(2) Lewkowitsch, *Chemical Technology and Analysis of Oils, Fats and Waxes*, 5e édition, 2, p. 862 et 863.

cétacés nous a envoyé des échantillons d'huile de lard et d'huile de chair musculaire. Cette dernière qualité n'avait jamais été analysée; elle était inconnue sur le marché des corps gras à l'époque où la chair et les os des baleines et cachalots étaient abandonnés au large en pleine putréfaction. Des raisons d'hygiène et d'économie obligent aujourd'hui à tirer parti de cet important déchet dont la cuisson fournit une huile de qualité un peu inférieure et un engrais animal.

Nous avons étudié comparativement ces trois sortes d'huiles; la glycérine a été trouvée dans les produits de saponification de chacune d'elles; nous l'avons caractérisée par les réactions de l'acroléine et dosée par la méthode classique à l'acétine. Nous avons aussi extrait de ces trois huiles des alcools de poids moléculaire élevé, les résultats de nos recherches sont consignés dans le tableau suivant :

Huiles.	Glycérine pour 100.	Alcools de haut poids moléculaire pour 100.
Tête	8,1	36,4
Lard	1,3	40,0
Chair musculaire	5,5	17,5

Il résulte de ces données que le caractère de cire liquide n'est absolu dans aucun cas; il prédomine dans les huiles de tête et de lard, mais celles-ci contiennent néanmoins de 15 à 18 pour 100 de glycérides (¹).

Par sa composition, l'huile de chair musculaire se rapproche davantage des corps gras normaux; elle contient plus de la moitié de son poids de glycérides, le reste étant constitué par des éthers d'alcools de haut poids moléculaire.

Ces résultats nous ont engagés à vérifier si le spermaceti, matière solide obtenue dans l'industrie par refroidissement et pression des huiles brutes de tête et de lard, est bien constitué, comme il est dit dans les traités de chimie, exclusivement par des acides gras saturés combinés aux alcools qui leur correspondent. Cette fois encore nous avons trouvé de la glycérine dans les produits de saponification; elle n'y existe, à la vérité, qu'en quantité assez faible. Nous avons retiré de deux échantillons commerciaux de blanc ce baleine 0,9 à 1 pour 100 de glycérine brute colorée en brun clair et contenant d'après le dosage par l'acétine 80 pour 100 de son poids de glycérine pure. Les échantillons de spermaceti examinés contenaient donc

(¹) On admet d'une manière approchée que 1g de glycérine correspond à dix fois son poids de glycérides.

environ $0^g,70$ pour 100 de glycérine, correspondant à 7 à 8 pour 100 de glycérides (¹).

Chevreul avait entrevu le premier l'existence de la glycérine dans les produits de saponification du spermaceti (²). Il l'obtint sous forme d'un résidu sirupeux coloré en brun et « nullement sucré » et ne poussa pas plus loin ses recherches, se contentant de conclure qu'il avait affaire à de la « matière organique colorée ». En 1852 et 1854, Heintz (³) et Hofstädter (⁴) reconnurent par des réactions qualitatives la présence de la glycérine dans le spermaceti, elle n'y existe, disent-ils tous deux, qu'à l'état de traces.

On voit, en résumé, que les caractères des graisses retirées du corps du cachalot en font des produits intermédiaires entre les corps gras et les cires; ces curieuses propriétés leur sont-elles imprimées par l'animal lui-même ou proviennent-elles des graisses des grands céphalopodes dont il se nourrit? Il n'est pas possible, pour l'instant, de répondre à cette question. Les gigantesques calmars que pourchassent les cachalots sont encore à peine connus des naturalistes; seul Joubin a pu en 1895 étudier les débris de quelques-uns d'entre eux qui provenaient du contenu stomacal d'un de ces grands mammifères capturé près des îles Açores (⁵).

VACCINATION. — *Vaccination du lapin contre l'inoculation intracérébrale de virus rabique fixe, par inoculation sous-cutanée des mélanges virus-sérum de Vipère, de Couleuvre ou de Hérisson, avec excès de virus.* Note (⁶) de Mme **Phisalix**, présentée par M. Bouvier.

Nous avons récemment montré que le mélange neutre *virus rabique-sérum de Hérisson*, inoculé dans l'encéphale du lapin, se montre fortement vaccinant contre l'épreuve intracérébrale de virus rabique fixe. Malgré l'intérêt qu'elle présente, cette vaccination, qui porte directement le vaccin sur le tissu sensible au virus, n'est guère susceptible de passer dans la

(¹) Voir la note de la page 498.

(²) *Recherches sur les corps gras d'origine animale*, Livre III, Chap. II; Paris. 1823.

(³) *Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chem.*, 87, 1852, p. 26.

(⁴) *Ann. der Chem. u. Pharm.*, 91, 1854, p. 184.

(⁵) *Comptes rendus*, 121, 1895, p. 1172.

(⁶) Séance du 8 février 1926.

pratique courante, car on a des moyens plus simples que la trépanation pour créer l'immunité antirabique.

Nous avons recherché, en particulier, dans quelles conditions les mélanges virus-sérum naturel de Vipère, de Couleuvre et de Hérisson, inoculés sous la peau du lapin, sont susceptibles d'immuniser ce dernier contre la rage.

Laissant provisoirement de côté l'action des sérums employés seuls et celle des mélanges neutres virus-sérums, actions sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir, nous nous bornerons dans cette Note à celle des mélanges *virus-sérum, avec excès de virus*, préconisés par A. Marie en 1902. On sait, d'après les recherches si intéressantes de cet auteur et celles de P. Remlinger, que les mélanges *virus-sérum antirabique de mouton*, *avec excès de virus*, introduits sous la peau du lapin, protègent cet animal contre l'épreuve intra-oculaire de virus fixe chez 28 pour 100 des sujets inoculés.

Pour rendre nos résultats plus comparables avec les précédents, nous avons adapté la technique de A. Marie à notre cas particulier.

TECHNIQUE. — Les mélanges sont effectués dans les proportions suivantes : Un encéphale de lapin rabique (virus fixe de l'Institut Pasteur de Paris) est émulsionné dans 45^{cm^3} d'eau salée physiologique stérilisée. L'émulsion est filtrée sur toile batiste, puis mélangée, soit à 30^{cm^3} de sérum de Couleuvre ou de Vipère, soit à 50^{cm^3} de sérum de Hérisson. Le mélange est ensuite maintenu pendant 20-24 heures à la température de la glacière; puis il est centrifugé, et le liquide surnageant totalement remplacé par un même volume d'eau salée physiologique. Le culot agité, et ainsi lavé une fois, est débarrassé de tout le sérum qui n'a pas été fixé sur le virus.

Le mélange est centrifugé, et son volume ramené, par décantation partielle, au volume de l'émulsion rabique primitive, soit 45^{cm^3} pour les mélanges avec le sérum des Serpents, ou à un volume supérieur, 75^{cm^3}, pour le mélange avec le sérum de Hérisson, dans les deux cas, prêt à être inoculé.

LAPINS AYANT REÇU LE MÉLANGE VIRUS-SÉRUM DE VIPÈRE OU DE COULEUVRE. — Les résultats étant identiques avec le sérum de Vipère et celui de Couleuvre, nous ne donnons les détails de l'expérience que pour le mélange virus-sérum de Vipère.

Expérience. — Trois lapins pesant respectivement 2040^g, 2230^g et 2450^g reçoivent, chacun sous la peau du ventre, d'abord 5^{cm^3} puis, 24 heures après, 10^{cm^3} de l'émulsion virus-sérum. 15 jours après cette dernière inoculation, ils reçoivent encore sous la peau 10^{cm^3} d'une émulsion épaisse de virus fixe. Cette dernière inoculation, à laquelle les lapins non préparés sont très sensibles, et qui développe chez eux la rage, reste sans effet apparent. 5 semaines plus tard, ils sont éprouvés avec une émulsion décimale de virus fixe, deux d'entre eux par la voie intra-oculaire, le troisième par la

voie intra-cérébrale. Les deux premiers résistent à cette épreuve; en outre 5 mois après à une seconde épreuve intra-oculaire, et 10 mois plus tard à l'épreuve intra-cérébrale, manifestant ainsi une immunité solide et durable.

Le troisième sujet n'a rien présenté dans les délais normaux où la rage éclot chez les lapins trépanés; mais ensuite il a maigri, puis est mort au bout de 2 mois, sans que le moment où la mort s'est produite nous ait permis de l'observer et d'en élucider le mécanisme.

LAPINS AYANT REÇU LE MÉLANGE VIRUS-SÉRUM DE HÉRISSON. — *Expérience.* — Elle est la même que la précédente, sauf que la dilution du virus-sérum a été ramenée à 75^{cm^3}, et que chaque lapin en a ainsi reçu en tout 25^{cm^3}, correspondant à la même quantité de virus fixe. Les trois lapins, pesant respectivement 1990^g, 2185^g et 3255^g, ont reçu en outre, comme les précédents, et 15 jours plus tard, 10^{cm^3} d'une émulsion épaisse de virus fixe.

Éprouvés de même 5 semaines après, avec une émulsion décimale de virus fixe, deux d'entre eux par la voie intra-oculaire, et le troisième par la voie intracérébrale, ils ont tous trois résisté, d'une manière qui semble définitive, car il y a actuellement 7 mois que les lapins ont subi l'épreuve et ils sont très bien portants.

Ainsi, les résultats fournis par nos expériences sont beaucoup plus favorables que ceux obtenus avec les mélanges virus-sérum antirabique de mouton vacciné, ce qui tient probablement au pouvoir rabicide plus constant des sérums antirabiques naturels. Ils font entrevoir une application possible de ces sérums à la vaccination antirabique, car ils pourraient en effet remplacer avec avantage le sérum antirabique de mouton dans les mélanges virus-sérum, préconisés en 1902 par A. Marie pour commencer la vaccination chez l'homme, dans les cas graves de morsure à la face ou d'intervention tardive, où il importe de gagner du temps. Cet emploi des sérums naturels, des Serpents en particulier, serait tout indiqué dans les Instituts antirabiques où l'on prépare aussi le sérum antivenimeux : les Serpents qui fournissent le venin, fourniraient de plus leur sérum, qu'il suffirait de recueillir aseptiquement et de conserver à l'état frais, ou desséché, jusqu'au moment de l'emploi.

CHIRURGIE. — *L'Influence des ligatures vasculaires sur la gangrène gazeuse expérimentale.* Note de MM. LOUBAT et DUFÉRIÉ, présentée par M. H. Vincent.

Par des expériences sur l'animal, nous avons cherché à préciser le rôle favorisant de l'oblitération artérielle sur l'éclosion de la gangrène gazeuse, rôle qui paraît indéniable dans certains cas cliniques.

Nous avons utilisé le *B. perfringens* qui est le microbe anaérobie le plus souvent en cause dans la gangrène gazeuse, et nous avons recherché son action sur le lapin. Le lapin est un des animaux de laboratoire qui résiste relativement bien à l'action pathogène du *B. perfringens*.

Nous avons fait plusieurs séries d'expériences, avec des cultures de virulence différente en recherchant l'action de l'inoculation intramusculaire dans la cuisse du lapin, après ligature de l'artère fémorale seule et après ligature simultanée de l'artère et de la veine. La dose de culture pure injectée était, en général, de 2^{cm^3}.

Dans chaque série d'expériences, un lapin témoin était inoculé avec la même dose, sans opération préalable, et un cobaye était inoculé avec $0^{cm^3},5$ de la culture utilisée, pour permettre de doser le pouvoir pathogène de cette culture. Le *B. perfringens* nettement pathogène tue le cobaye dans un délai de 1 à 5 jours; les cultures faiblement pathogènes ne produisent que des accidents locaux plus ou moins graves.

Voici les résultats obtenus :

1° *Lapins témoins. Aucun des lapins témoins n'est mort.* — Localement, seules les cultures pathogènes ont produit une réaction appréciable, laissant après elle une tumeur gangréneuse de petit volume (le volume d'une noisette, au maximum). La tumeur gangréneuse résulte de l'enkystement du petit foyer gangréneux intramusculaire créé par l'injection;

2° *Ligature de l'artère fémorale seule.* — L'inoculation des cultures pathogènes, faite aussitôt après la ligature, a été suivie d'accidents locaux très graves, de gangrène massive du membre. Quelques animaux sont morts au bout de 4 ou 5 jours. Ceux qui ont survécu ont éliminé leur membre inférieur mortifié et rapidement putrilagineux. L'élimination spontanée a d'ailleurs été longue, la peau et le squelette ne se détachant que lentement.

Avec des cultures faiblement pathogènes, on n'a observé que des acci-

dents locaux, avec formation d'une tumeur gangréneuse assez importante variant du volume d'une noix à celui d'un œuf de poule.

Si, sur un lapin, on injecte 1^{cm^3} de culture pathogène dans chaque cuisse, après ligature de la seule artère fémorale gauche, on détermine la formation d'une tumeur gangréneuse, à droite comme à gauche. Mais, tandis qu'à droite la tumeur est petite, du volume d'une noisette, à gauche elle atteint le volume d'un œuf de dinde. Qualitativement on note aussi des différences : l'examen microscopique montre que la tumeur droite est formée d'un magma granuleux renfermant quelques polynucléaires neutrophiles non altérés, sans microbes visibles, tandis que la tumeur gauche renferme dans son magma granuleux de très nombreux leucocytes polynucléaires neutrophiles très altérés, avec des microbes (*B. perfringens*) visibles à l'examen direct. La défense organique a été moins efficace à gauche.

3° *Ligature simultanée de l'artère et de la veine fémorale.* — A la suite de cette double ligature, les accidents locaux sont nettement moins intenses et moins graves qu'après la ligature de l'artère seule. Ainsi un des animaux inoculés après ligature artério-veineuse n'a présenté qu'une volumineuse tumeur gangréneuse, tandis que le lapin de la même série, dont l'artère seule a été liée, est mort au bout de 5 jours, avec des signes de gangrène gazeuse massive de tout le membre inférieur.

4° *Action de la ligature artérielle sur le réveil de l'infection.* — H. Vincent et Stodel ont montré que la contusion du muscle est capable de réveiller une infection latente par le *B. perfringens* pendant une période de temps pouvant atteindre 10 jours. La ligature paraît moins efficace dans ce sens et nous n'avons pas observé de réveil de l'infection après 4 jours. Attrition musculaire et ligature artérielle faites comparativement au bout de 3 jours ont montré que la contusion musculaire agissait plus fortement que la ligature sur le réveil de l'infection.

Ces faits montrent que si l'écrasement musculaire produit un terrain de choix pour l'évolution des microbes de la gangrène gazeuse, l'ischémie liée à l'oblitération de l'artère principale constitue de son côté une cause favorisante très importante pour l'éclosion et la diffusion de la gangrène gazeuse. Celle-ci revêt aussitôt une forme particulièrement grave, si la virulence microbienne est nette. La ligature permet, de plus, l'accession à la virulence de cultures inoffensives pour les tissus sains.

A 15^h45^m, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *L. Gentil* :

En première ligne . . . . M. **Jean Tilho**.
En deuxième ligne. . . . . M. **Georges Perrier**.

En troisième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique. . . . . MM. **Félix Arago**, **Émile-Georges Barrillon**, **Charles Maurain**, **Edouard Perrin**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 40^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1925.)

Note de MM. *G. Georgalas* et *N. Liatsikas*, Sur la nouvelle éruption du volcan de Santorin :

Page 1147, lignes 6-7, *au lieu de* au 13 octobre l'activité du volcan est devenue plus calme, *lire* jusqu'au 12 octobre l'activité du volcan était assez calme; ligne 9, *au lieu de* $15^h 30^m$, *lire* $23^h 30^m$.

Page 1148, après ligne 12, *ajouter* la deuxième période du paroxysme de l'activité volcanique a commencé.

Page 1148, ligne 20, *au lieu de* 200^m, *lire* 120^m.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Une nouvelle éruption du volcan de la Réunion* (30-31 décembre 1925). Note de M. A. LACROIX.

Je viens de recevoir de M. le Gouverneur de la Réunion l'annonce d'une éruption du volcan de cette île; je reproduis ci-après le rapport du brigadier de gendarmerie de Sainte-Rose, commune située à quelques kilomètres au nord du volcan dont le voisinage immédiat est inhabité.

Le mercredi 30 décembre, vers 2^h du matin, le principal cratère du volcan « Piton de la Fournaise » est entré en activité. A 3^h, assez grande activité. De 2^h30^m à 6^h, cette activité, en raison du temps nuageux, n'a pu être constatée que par de faibles lueurs. A 6^h30^m, de la route nationale, on peut apercevoir (côté nord-est du cratère) l'extrémité de deux coulées de lave, pouvant mesurer 2^{km} de long sur 200^m de large environ. Dans le courant de la journée, vers 19^h, le temps étant plus clair, on se rend compte que l'intensité du cratère est un peu plus forte. A la longue-vue, on aperçoit aisément la lave rougie lancée à une assez grande hauteur et la vitesse de la coulée paraît plus rapide. A 23^h, l'activité du cratère est moins forte.

Le 31, à 3^h, le cratère reprend de l'activité, on aperçoit une grande lueur qui éclaire tout l'horizon. Vers 7^h, les deux coulées atteignent 3^{km} de longueur environ, toujours dans la direction NE, vers les kilomètres 75 et 76.

Suivant les dernières nouvelles reçues ce jour à 14^h, l'activité du cratère serait moins forte. Pour le moment aucun danger n'est à craindre.

Pour l'interprétation de ces observations, il est nécessaire de rappeler (1)

---

(1) A. LACROIX, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 169, et *Succession des éruptions et Bibliographie du volcan actif de la Réunion* (*Bull. Volcanologique*, *Naples*, nos 3-4, 1925, p. 20).

que le Piton de la Fournaise se dresse au milieu d'une vaste caldeira égueulée du côté de l'Est. Les éruptions, qui sont très fréquentes, consistent essentiellement en importantes coulées de laves basaltiques, accompagnées de faibles projections de scories incandescentes de caractère hawaïen ou strombolien; les scories restent localisées au voisinage immédiat de la bouche de sortie. Celle-ci est quelquefois le cratère central qui peut être entièrement rempli par la lave, comme cela était le cas à la fin de 1911, lorsque je l'ai visité; plus souvent la sortie se fait par la partie basse d'une ou plusieurs fissures ouvertes dans les flancs du Piton.

Il semble, d'après les indications données plus haut, qu'il s'agit d'une éruption du second type, la fente s'est ouverte sur le flanc nord-est, puis les coulées se sont engagées vers l'Est-Est-Sud (kil. 75-76 de la route coloniale) sur les « Grandes Pentes », descendant directement du Piton à la mer.

Le danger éventuel auquel il est fait allusion plus haut n'intéresse que la route, grossièrement parallèle à la côte orientale de l'île; elle traverse les champs désolés de laves. Cette route est coupée toutes les fois que les coulées atteignent une longueur supérieure à 6^{km}; ce n'est que dans les très grandes éruptions qu'elles vont plus loin encore et se déversent dans la mer.

Le document ci-dessus a quitté la Réunion le 31 décembre; le prochain courrier fera sans doute connaître si l'activité s'est prolongée au delà de cette date, ce qui n'est pas certain, beaucoup d'éruptions de ce volcan ne durant que peu de jours.

L'éruption précédente s'est développée sous la même forme du 3 au 12 septembre 1924; la lave avait pris la même direction que celle qui vient d'être signalée.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du fascicule 4 (Tome V) de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Euphorbiacées*, par F. Gagnepain et L. Beille.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *L. Gentil* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 63,

M. Georges Perrier obtient	. . . . . .	31 suffrages
M. Jean Tilho »	. . . . . .	24 »
M. Charles Maurain »	. . . . . .	8 »

Au second tour de scrutin, le nombre des votants étant 62,

M. Georges Perrier obtient	. . . . . .	35 suffrages
M. Jean Tilho »	. . . . . .	26 »
M. Charles Maurain »	. . . . . .	1 »

M. **Georges Perrier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

MM. **Ch. Moureu** et **C. Matignon** sont désignés pour représenter l'Académie au deuxième Congrès national de Chimie pure et appliquée que l'*Association italienne de Chimie générale et appliquée* tiendra à Palerme en mai 1926.

CORRESPONDANCE.

Mme Veuve **Yves Delage** fait hommage à l'Académie des tomes 1912 et 1913 de *L'Année biologique* dont les matériaux avaient été réunis par son mari, mais dont la publication vient seulement d'être réalisée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Corps. *Les origines de l'erreur relativiste. La nouvelle expérience de M. Michelson.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *L'or et l'argent*, par Albert Bordeaux. (Présenté par M. L. Guillet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation des expressions différentielles.* Note [1] de M. B. **Hostinský.**

Soit

$$F\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \ldots, \frac{dx_n}{dt}\right)$$

une expression qui dépend des n quantités variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ et de leurs dérivées premières prises par rapport à la variable auxiliaire t. Introduisons les nouvelles variables $y_1, y_2, \ldots, y_n$ liées aux variables x par les équations

$$(1) \qquad x_i = x_i(y_1, y_2, \ldots, y_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

En posant, pour abréger,

$$u_{ik} = \frac{\partial x_i}{\partial y_k},$$

nous avons

$$(2) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \sum_{k=1}^{n} u_{ik} \frac{dy_k}{dt} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Par ce changement de variables, l'expression F devient égale à une autre expression G, qui contient les variables y_i et leurs dérivées prises par rapport à t,

$$F\left(x_1, \ldots, x_n, \frac{dx_1}{dt}, \ldots, \frac{dx_n}{dt}\right) = G\left(y_1, \ldots, y_n, \frac{dy_1}{dn}, \ldots, \frac{dy_n}{dn}\right).$$

Les équations (2) donnent

$$\frac{\partial \frac{dx_k}{dt}}{\partial \frac{dy_r}{dt}} = u_{kr},$$

donc

$$\frac{\partial^2 G}{\partial \frac{dy_r}{dt} \partial \frac{dy_s}{dt}} = \sum_{k=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} \frac{\partial^2 F}{\partial \frac{dx_k}{dt} \partial \frac{dx_l}{dt}} u_{kr} u_{ls}$$

ou

$$(3) \qquad b_{rs} = \sum_{k=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} a_{kl} u_{kr} u_{ls}$$

---

[1] Séance du 15 février 1926.

où nous écrivons, pour abréger,

$$(4)\qquad a_{kl} = a_{lk} = \frac{\partial^2 F}{\partial \frac{dx_k}{dt}\,\partial \frac{dx_l}{dt}}, \qquad b_{rs} = b_{sr} = \frac{\partial^2 G}{\partial \frac{dy_r}{dt}\,\partial \frac{dy_s}{dt}}.$$

U étant une fonction quelconque des variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$, désignons par V ce que devient cette fonction par le changement de variables (1). Donc

$$(5)\qquad U(x_1, x_2, \ldots, x_n) = V(y_1, y_2, \ldots, y_n).$$

Soit F un polynome homogène du second degré par rapport aux quantités $\frac{dx_i}{dt}$ et soit

$$P\left(a_{ik}, \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l}, \frac{\partial U}{\partial x_i}, \frac{\partial^2 U}{\partial x_i \partial x_k}, \ldots\right)$$

une expression qui contient les coefficients a_{ik} du polynome F, leurs dérivées par rapport aux quantités x_l et les dérivées de la fonction $U(x_9, x_2, \ldots, x_n)$. Par le changement de variables (1) le polynome F devient égal à un autre polynome G homogène et du second degré par rapport aux quantités $\frac{dy_i}{dt}$ [les formules (3) donnent les coefficients b_{rs} de G en fonction des a_{ik}]; U se change en V d'après (5), et P devient égale à une fonction des quantités

$$b_{ik}, \quad \frac{\partial b_{ik}}{\partial y_l}, \quad \frac{\partial V}{\partial y_i}, \quad \frac{\partial^2 V}{\partial y_i \partial y_k}, \quad \ldots.$$

Supposons que P soit une expression covariante avec F, c'est-à-dire que

$$P\left(a_{ik}, \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_l}, \frac{\partial U}{\partial x_i}, \frac{\partial^2 U}{\partial x_i \partial x_k}, \ldots\right) = P\left(b_{ik}, \frac{\partial b_{ik}}{\partial y_l}, \frac{\partial V}{\partial y_i}, \frac{\partial^2 V}{\partial y_i \partial y_k}, \ldots\right).$$

Cette équation subsiste encore dans les cas où F *dépend d'une manière quelconque des dérivées* $\frac{dx_i}{dt}$, *à condition de remplacer dans* P *les* a_{ik} *ou* b_{ik} *par les dérivées du second ordre* (4) *de* F *ou par celles de la fonction transformée* G.

Les définitions qu'on a introduites dans la théorie des formes quadratiques différentielles et qui se rapportent à un polynome homogène du second degré (paramètres différentiels, symboles de Christoffel, dérivées covariantes, déplacement parallèle au sens de M. Levi-Cività) s'étendent ainsi, de sorte qu'elles peuvent se rapporter à une fonction F quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale générale des caractéristiques.* Note de M. N. SALTYKOW, présentée par M. Goursat.

Il s'agit, dans les lignes suivantes, d'une démonstration synthétique du théorème définissant l'intégrale générale des caractéristiques, dans le cas où il existe un *élément* que je dis *intégrable*. J'avais introduit cette désignation dans mes *Conférences, sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue* (1).

On y trouve (2) une démonstration analytique du théorème en question, fondée sur le calcul des intégrales cherchées, en intégrant les équations aux différentielles exactes qui s'y présentent.

Or il est aisé d'exprimer les intégrales cherchées d'une autre manière, moyennant les dérivées partielles d'une seule fonction. Ce résultat mérite d'être signalé, parce qu'il simplifie considérablement la démonstration du théorème en question et parce qu'il a été vainement recherché par S. Lie. En effet, il avait formulé le théorème correspondant, dans ses deux lettres, qui viennent d'être récemment insérées dans la première partie du Volume III des *Œuvres complètes de S. Lie* (3), mais sans réserve que le résultat en question n'était pas exact.

Adoptons donc, pour fixer les idées, les désignations citées dans mes *Conférences* (4). Introduisons, ensuite, la fonction suivante :

$$S = \varphi - \sum_{j=1}^{\rho} p_{n-\rho+j}\varphi_j$$

indiquée, en 1910, dans ma Note *Sur la généralisation du théorème de S. Lie* (5).

Les intégrales requises sont définies par les formules

$$\frac{\partial S}{\partial C_r},$$

$$r = 1, 2, \ldots, n+\rho-m,$$

(1) Gauthier-Villars et Cie, Paris, et M. Lamertin, Bruxelles, 1925, p. 63.

(2) Chap. V, p. 63-75.

(3) B. Teubner, Leipzig et H. Aschehoug and Co, Kristiania, 1922, p. 692 et 696.

(4) *Conférences*, p. 71-72, formules (17)-(19) et (21)-(24).

(5) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1560.

parmi lesquelles il n'y a que $n - \rho - m$ distinctes, par rapport aux variables $x_{m+1}, x_{m+2}, \ldots, x_{n-\rho}$.

La démonstration du théorème que je viens d'énoncer se fait immédiatement, en invoquant les deux conditions introduites s'exprimant respectivement par les propriétés : 1° *d'un système incomplet des intégrales données* et 2° *d'un élément intégrable.* Ces dernières sont données dans mes *Conférences* (1).

Quant à S. Lie, il avait pris pour définir les intégrales cherchées, au lieu de S, la fonction φ seulement, en la désignant par la lettre V. Selon mon avis, S. Lie avait lui-même remarqué l'erreur de sa théorie, exposée dans les lettres en question, car le théorème discuté ne se trouve plus dans les mémoires de S. Lie, où il développe sa théorie sous une nouvelle forme, devenue d'ailleurs plus compliquée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une théorie de la croissance.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous appellerons *échelle complète de croissance* un ensemble E de fonctions d'une variable x, définies et continues pour x suffisamment grand, et telles que :

a. Si deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ appartiennent à E, on peut trouver un nombre a tel que $f(x) - g(x)$ n'ait pas de racine supérieure à a; si par exemple cette différence est positive pour $x > a$, nous dirons que $f(x)$ *croît plus vite* que $g(x)$;

b. Si une fonction $\varphi(x)$ n'appartient pas à E, on peut trouver une fonction $f(x)$ de E telle que $f(x) - \varphi(x)$ admette une infinité de racines indéfiniment croissantes.

L'existence d'un tel ensemble est facile à établir, *au point de vue idéaliste*. Il suffit de partir de l'ensemble $\mathcal{E}$ de toutes les fonctions définies et continues pour x assez grand, et de le supposer bien ordonné. On considérera toutes ces fonctions successivement, et l'on classera dans E toutes celles qui peuvent l'être, c'est-à-dire qu'on écartera toute fonction égale une infinité de fois à une fonction déjà classée dans E.

Toute échelle *incomplète*, c'est-à-dire tout ensemble de fonctions vérifiant la condition *a*, mais non la condition *b* (comme exemple citons l'en-

(1) *Conférences*, Chap. I, formules (17) et (39), et Chap. V, formules (11) et (24).

semble des fonctions algébriques), peut être complétée par le même procédé.

2. Une *coupure* est une division de E en deux sous-ensembles E_1 et E_2 telle que toute fonction de E_1 croisse moins rapidement que n'importe quelle fonction de E_2. Nous dirons qu'un ensemble $\mathcal{E}$ de fonctions de E_1 s'approche indéfiniment de la coupure s'il n'existe aucune fonction de E_1 croissant plus vite que toutes les fonctions de $\mathcal{E}$. Il y a trois types de coupures.

Premier type : coupure définie par une fonction $f(x)$. — Si par exemple $f(x)$ appartient à E_1 un ensemble de fonctions de E_2 ne peut s'approcher indéfiniment de la coupure que s'il n'est pas dénombrable.

Deuxième type : coupure définie par une infinité dénombrable de fonctions, s'approchant indéfiniment de la coupure d'un côté déterminé, par exemple du côté de E_1. Alors E_1 contiendra une infinité dénombrable de fonctions $f_n(x)$ croissant de plus en plus vite, et toutes les fonctions de E croissant moins vite que l'un des $f_n(x)$; E_2 contiendra les fonctions croissant plus vite que tous les $f_n(x)$, et aucun ensemble dénombrable de fonctions de E_2 ne peut s'approcher indéfiniment de la coupure. Si par exemple $f_n(x) = n$, les fonctions de E_1 seront limitées supérieurement; celles de E_2 augmenteront indéfiniment par valeurs positives.

Troisième type : coupure dont on ne peut pas approcher indéfiniment, ni d'un côté ni de l'autre, par une infinité dénombrable de fonctions. — Il est facile de donner des exemples de coupures de cette nature, définies par des conditions de convergence d'intégrales définies. Il serait important de démontrer que les circonstances observées sur ces exemples, notamment le fait qu'il existe toujours des fonctions $h(x)$ telles que la différence entre n'importe quelle fonction de E_2 et n'importe quelle fonction de E_1 croisse plus vite que $h(x)$, s'étendent à toutes les coupures de cette nature; cela paraît probable.

Ce point admis, il est facile de démontrer le résultat suivant : toute fonction $\varphi(x)$ n'appartenant pas à E oscille indéfiniment entre deux fonctions bien déterminées $f_1(x)$ et $f_2(x)$ de E, qu'elle atteint exactement une infinité de fois, pour des valeurs de x dépassant toute limite. Ces fonctions, qu'on peut appeler *limites inférieure et supérieure* de $\varphi(x)$ dans E, sont facilement définies par des coupures qui, si l'on admet le point indiqué tout à l'heure, ne peuvent être que du premier type.

3. Il est probable qu'on peut définir une échelle complète bien déterminée, que nous proposons d'appeler *échelle de croissance régulière*, par un

ensemble de conditions convenablement choisies, telles que les suivantes : elle ne comprend que des fonctions indéfiniment dérivables; si elle comprend deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$, elle comprend aussi leurs dérivées, leurs primitives, leurs fonctions inverses, la fonction de fonction $f[g(x)]$, et toutes les fonctions algébriques de $f(x)$ et $g(x)$. On pourrait d'ailleurs déduire ces conditions d'un plus petit nombre de conditions moins restrictives en apparence.

A défaut d'une démonstration directe de l'existence d'un tel ensemble, on peut essayer de définir successivement des fonctions à croissance régulière par des procédés qui, indéfiniment et transfiniment répétés, aboutiraient à une échelle complète. En dehors des procédés résultant de la définition ci-dessus, le procédé de l'interpolation de l'itération semble devoir jouer un rôle essentiel.

Désignons par $f_n(x)$ l'itérée d'ordre n d'une fonction; $f_\alpha(x)$ devra désigner une fonction de x et α telle que l'itérée d'ordre n de $f_\alpha(x)$ soit $f_{n\alpha}(x)$. On sait que, même en ajoutant la continuité par rapport à α pour passer des valeurs rationnelles de α aux valeurs irrationnelles, cela ne suffit pas à définir $f_\alpha(x)$; cette fonction sera au contraire bien définie par des conditions de régularité convenables (soit par rapport à x, soit par rapport à α). Les fonctions $f_\alpha(x)$ ainsi construites, et les fonctions $f_x(c)$ et $f_x(x)$ seront de nouvelles fonctions à croissance régulière.

Il n'est guère douteux que l'on puisse obtenir assez de fonctions pour constituer une échelle complète en admettant cette condition que, si $f(x)$ est à croissance régulière, il en est de même de $f_\alpha(x)$, $f_x(c)$, et $f_x(x)$. Mais dans ce cas la difficulté est de montrer que l'on n'en obtiendra pas trop, c'est-à-dire que l'on n'arrivera jamais à trouver deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ qui soient égales une infinité de fois. Des considérations encore trop peu précises pour être indiquées nous font penser que cela n'est pas à craindre, mais il serait important de le démontrer, après avoir précisé les conditions de régularité à introduire dans la définition de la fonction itérée d'ordre non entier $f_\alpha(x)$.

ASTRONOMIE. — *Sur l'origine des satellites.* Note de M. **N. Boneff**, présentée par M. H. Andoyer.

Dans notre hypothèse, tous les satellites du système solaire ont été captés par leurs planètes respectives pendant les périodes de formation

correspondantes, ces satellites *appartenant* avant la capture au système solaire. Quant à la formation des planètes elles-mêmes, nous admettrons l'hypothèse de Faye. L'explication des singularités des mouvements de Phobos, le satellite le plus proche de Mars et des satellites rétrogrades de Jupiter et de Saturne paraît découler assez naturellement de ces prémisses, cette explication restant à côté de l'objection de Poincaré contre la théorie de capture de See ([1]).

Pour ne parler maintenant que des planètes directes, nous allons montrer qu'à ces époques, le noyau central étant encore très faible, les satellites captés effectueront leurs révolutions dans le sens *direct* avec des vitesses d'autant plus *grandes* qu'ils seront plus éloignés de leur planète, et que toutes ces vitesses seront *supérieures à la vitesse de rotation de la planète*. Soient en effet S le centre de la nébuleuse primitive et du Soleil naissant, P la planète en formation et s la petite planète au moment T de la capture (S, P et s sont supposés en ligne droite à ce moment). Supposons qu'au voisinage de T les constantes a et b dans la loi d'attraction de Faye $\left(ar + \frac{b}{r^2}\right)$ soient telles que l'inégalité $2a > \frac{b}{r^3}$ est vérifiée à la distanc r de la planète, ce qui signifie (*L. H. C.* p. 73) que les vitesses autour de P vont en croissant. Les dérivées première et seconde de la fonction sous le radical $\sqrt{ar^2 + \frac{b}{r}}$, qui (le radical) représente la vitesse linéaire par rapport à r, étant

$$2ar - \frac{b}{r^2}, \qquad 2a + 2\frac{b}{r^3},$$

on voit que la concavité de la courbe des vitesses absolues au voisinage de P et du moment T est tournée dans le *sens direct de rotation*, ce qui justifie la proposition énoncée ci-dessus.

Nous allons montrer maintenant que cet état des choses n'est pas stable. Dans ce but, plaçons-nous au point de vue d'un *problème restreint généralisé*, désignant sous cette dénomination, en apparence contradictoire, le problème restreint classique où la masse principale attire les deux autres *d'après la loi de Faye*, tandis que ces dernières s'attirent d'après la loi de Newton. Évidemment le problème restreint généralisé coïncide avec le problème restreint ordinaire dans le cas $a = 0$.

On sait que dans le régime d'attraction de Faye une orbite circulaire

([1]) H. Poincaré, *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, 1911, p. 127-128. Pour abréger l'écriture, nous désignerons cet ouvrage par *L. H. C.*

reste (a et b étant variables au cours du temps) circulaire, son rayon seulement diminue (*L. H. C.*, p. 78, 80). Imaginons alors le temps total de l'évolution de la nébuleuse solaire divisé en intervalles suffisamment petits pour qu'on puisse estimer que la distance de P à S aussi bien que sa vitesse angulaire n restent invariables pendant chacun de ces intervalles. (Évidemment, le choix des unités variera d'un intervalle à l'autre, mais ceci n'a pas d'importance pour la question envisagée.) L'intégrale de Jacobi dans un intervalle quelconque sera encore

$$\frac{1}{2}\left[\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2+\left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2\right]-\mathrm{V}-\frac{n^2}{2}(\xi^2+\eta^2)=\mathrm{C},$$

mais la fonction de force aura la forme

$$\mathrm{V}=-\frac{a}{2}\rho_1^2+\frac{b}{\rho_1}+f\frac{\mu}{\rho_2}.$$

(ξ et η sont les coordonnées de s par rapport à un système mobile dont l'origine est en S, la masse μ de P étant relativement très faible; l'axe des ξ coïncide avec la droite SP; $\rho_1=\sqrt{\xi^2+\eta^2}$ est la distance de s à S et ρ_2 celle de s à P; f est la constante de l'attraction et C celle de Jacobi).

v étant la vitesse de s dans le système mobile, l'intégrale de Jacobi prendra la forme

$$\frac{v^2}{2}-\frac{b}{\rho_1}+(a-n^2)\frac{\rho_1^2}{2}-f\frac{\mu}{\rho_2}=\mathrm{C},$$

et par conséquent l'équation de la courbe de Hill sera

$$-\frac{b}{\rho_1}+(a-n^2)\frac{\rho_1^2}{2}-f\frac{\mu}{\rho_2}=\mathrm{C}.$$

Dans la période directe a est très grand en général, b et n sont très petits. La constante de Jacobi est positive et très grande en valeur absolue. L'équation $-f\frac{\mu}{\rho_2}=\mathrm{C}$ ne peut être satisfaite pour aucune valeur positive de ρ_2, ce qui indique que la courbe de Hill ne possède pour aucun des satellites une branche fermée autour de la planète. Les satellites sont donc instables, comme le sont actuellement Thule et quelques autres des petites planètes, le satellite rétrograde $\mathrm{J}_{\mathrm{VIII}}$ et peut être [1] Phœbe, le satellite rétrograde de Saturne.

Au cours du temps a diminue, b augmente. Le régime d'attraction

(1) J. Jackson, *Retrograde Satellite Orbits* (*Monthly Notices of the Royal Astr. Soc.*, 74, décembre 1913, p. 65).

actuel arrive. Parallèlement, n augmente, ν diminue (*L. H.*, *C.* p. 80). La constante de Jacobi change de signe. Des branches fermées de la courbe de Hill commencent à encercler les satellites autour de P. Mais avec l'arrivée du régime rétrograde (régime de stabilité) les vitesses des satellites, subissant le frottement des particules, qui en deçà de P tournent autour du Soleil grandissant plus vite que P et au delà de celle-ci, moins vite qu'elle, diminuent rapidement. Les satellites tournent déjà autour de la planète d'autant moins vite qu'ils sont plus loin d'elle comme nous l'observons à présent. Quant aux satellites extérieurs, les plus sensiblement influencés par le changement du régime d'attraction, ils peuvent même changer le sens de leurs révolutions, ce qui est le cas de Phœbe et des VIII^e^ et IX^e^ satellites de Jupiter.

Les satellites intérieurs, au contraire, sont beaucoup moins influencés par ce changement; et même ceux qui sont très rapprochés de leurs planètes respectives auraient pu continuer de tourner autour d'elles avec des vitesses supérieures aux vitesses de rotation des planètes. C'est le cas de Phobos.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sublimation et cristallisation des métaux.* Note de M. **Thadée Pecsalski**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Continuant des recherches antérieures sur la cémentation des métaux par les sels [1], j'ai chauffé à 800° du chlorure de nickel enfermé dans un tube de fer. La cémentation a provoqué la séparation de couches de fer de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur. Les parties du fer ainsi séparées du tube forment des couches enroulées concentriquement sur elles-mêmes. En différents points des parois, on observe des cristaux aciculaires de quelques dixièmes de millimètre de longueur et de petits cristaux cubiques. Ces cristaux sont composés de fer et de nickel.

La même expérience a été répétée en chauffant dans un tube de fer une baguette de cuivre entourée à sa partie inférieure de chlorure chromique. Après 24 heures de chauffage à 800°, on a observé :

1° La cémentation de la baguette sur toute sa longueur. Le phénomène est plus accentué dans la partie au contact du sel (*fig.* 1) que dans la partie atteinte seulement par les vapeurs (*fig.* 2).

2° Un dépôt de chrome métallique sur les parties de la baguette de cuivre n'ayant pas été en contact avec le sel.

---

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 463.

3° La formation de cristaux de cuivre de forme rhomboédrique, déposés dans le sel et à son voisinage.

On a répété la même expérience dans des tubes de pyrex, en entourant

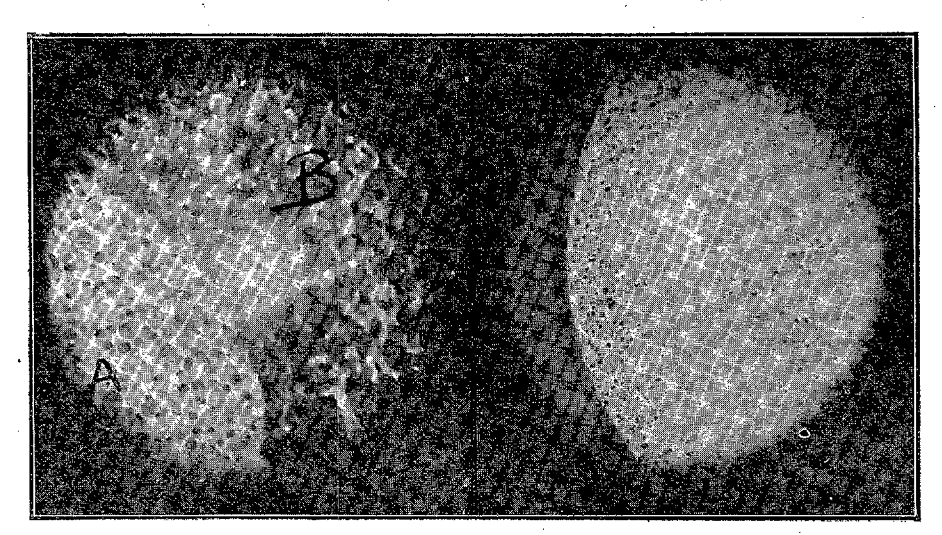


Fig. 1 (Gr. = 18). Fig. 2 (Gr. = 18).

la baguette de cuivre de chlorure de cuivre, de nickel ou de chrome. Le vide avait été fait au préalable et les tubes scellés. Le chauffage a été prolongé de 5 à 10 heures, entre 600° et 800°. Dans tous les cas, on constate des dépôts de cuivre métallique sur la paroi du tube de verre. En même temps le cuivre pénètre dans l'épaisseur du verre.

Il y a donc sublimation des métaux au contact des sels. Ces vapeurs de métal proviennent de la réduction des chlorures. Il semble enfin que la cémentation des métaux par les sels provienne de l'absorption des vapeurs des sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le changement du coefficient de dilatation des corps à l'état amorphe*. Note de M. **Michel-Samsoen**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1] nous avons exposé que l'anomalie de dilatation signalée antérieurement comme propriété particulière des seuls

---

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 354.

silicates, existait également chez les phosphates, les borates et l'anhydride borique à l'état vitreux. Nous avons montré qu'elle consistait en une augmentation considérable du coefficient de dilatation, au delà de la température pour laquelle la viscosité passe par la valeur d'environ 10^{14} poises.

En réalité il s'agit d'une propriété générale de l'état amorphe; nous l'avons retrouvée sur des corps organiques très différents les uns des autres par leurs fonctions chimiques : un mélange de carbures d'hydrogène, le brai; un alcool, la glycérine; un hydrate de carbone, le saccharose; des résines, la colophane et la gomme laque; un gel, l'orca, acroléine polymérisée.

Dans le cas de la glycérine nous n'avons pu faire que des mesures de dilatation cubique en lisant les déplacements, dans le tube semi-capillaire calibré, la glycérine jouant le rôle de liquide dilatométrique. Le tube semi-capillaire était relié au réservoir cylindrique par un rodage conique. Dans le cas de l'orca nous nous sommes contentés des mesures de dilatation linéaire au dilatomètre de Chévenard.

Dans tous les autres cas pour vérifier que le nouveau coefficient de dilatation reste sensiblement constant au delà de l'anomalie et que cette anomalie se produit toujours pour une même viscosité nous avons employé concurremment les deux méthodes.

L'appareil de mesure de dilatation cubique était un petit vase dont le bouchon plein, soigneusement rodé, était traversé par un tube auquel était soudée la tige du dilatomètre; le tube pénétrait jusqu'à 1^{mm} du fond du vase; un tube concentrique à la tige du dilatomètre reposait sur le bouchon; il était fixé au vase par du ciment et était rempli de mercure dans le but de s'opposer à tout déplacement du bouchon et de faciliter les corrections de colonne émergente; le liquide dilatométrique fut toujours du mercure.

La concordance a toujours été parfaite entre les mesures faites au dilatomètre de Chévenard et les mesures de dilatation cubique.

Corps.	Densité.	Température de l'anomalie.	Coefficient de dilatation cubique avant.	après.
Brai à 10°	1,425	14°	$1,57 \times 10^{-4}$	$9,19 \times 10^{-4}$
Glycérine à 15°	1,28	−62	2,41	4,83
Saccharose à 15°	1,75	67	2,51	5,02
Colophane à 15°	1,15	34	2,57	7,43
Gomme laque à 15°	1,17	46	3,21	13,10
Orca	—	53	3,75	8,31

Nous voyons donc que, dans tous ces cas, le rapport des coefficients de dilatation avant et après l'anomalie ne descend pas au-dessous de 2.

Il semble impossible qu'un phénomène aussi général ait un rapport quelconque avec une transformation allotropique, comme on l'avait admis jusqu'ici dans le cas des verres.

On suppose généralement que le coefficient de dilatation à l'état solide est la somme des grossissements moléculaires et intermoléculaires, tandis qu'à l'état liquide il faut y ajouter une fonction des mouvements relatifs des molécules; on constate en effet que les coefficients de dilatation cubiques des espèces chimiques sont plus grands à l'état liquide qu'à l'état solide. On peut faire l'hypothèse que, pour une certaine viscosité, le second terme s'annule en raison de la valeur prise à ce moment par l'attraction newtonienne des molécules.

Tous les corps à l'état amorphe présentent donc une discontinuité pour une viscosité de l'ordre de grandeur de 10^{14} poises. A cette discontinuité correspond un changement de toutes les propriétés physiques comme divers auteurs [1] l'ont signalé dans le cas des silicates, mais en attribuant à tort cette anomalie à un changement d'état allotropique de la silice. C'est en réalité une propriété tout à fait générale de la matière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'emploi de mélanges d'eau et d'alcool dans l'étude électrométrique des réactions par précipitation.* Note de M. **Jean A. Athanasiu**, présentée par M. Jean Perrin.

La plupart des réactions par précipitation utilisées en potentiométrie présentent de nombreuses anomalies provoquées soit par la dissolution du précipité, soit par des phénomènes d'adsorption. Dans les mesures potentiométriques ces tendances se manifestent par :

a. Des chutes brusques du potentiel au commencement de la réaction.

b. Des variations irrégulières dans la courbe des potentiels.

c. Des changements rapides des potentiels avec le temps.

d. Et quelquefois par un déplacement du point d'inflexion.

Des essais, que nous exposerons ailleurs en détail, ont porté sur le dosage potentiométrique des ions Ce^{+++} et Cu^{++} à l'aide de $Fe(CN)^6K^4$ et des

---

[1] A. Q. Tool et J. Valasek, *Bureau of Standards Sc. Papers, U. S. A.*, n° 358, 1920. — W. P. White, *Am. J. Sci.*, 47, 1919, p. 44. — J. O. Reed, *Ann. d. Phys. u. Chem.*, 65, 1898, p. 707.

ions Pb^{++}, Ba^{++} et Hg^{+} à l'aide de CrO^4K^2 et ont montré que ces variations sont manifestement liées à la dilution des sels.

Aussi avons-nous essayé de supprimer totalement ou partiellement toutes les causes d'erreur dues à l'action parasite de la dissolution, en remplaçant le milieu aqueux utilisé habituellement en potentiométrie, par un système binaire monophasé, par exemple un mélange $C^2H^5OH - H^2O$ dans des proportions convenables.

Nous avons choisi l'alcool éthylique à cause des avantages qu'il présente au point de vue expérimental.

Les meilleurs résultats, obtenus en employant un système

$$C^2H^5OH - H^2O$$

dans la proportion de 30 pour 100 en alcool absolu, ont montré que :

1° Les chutes brusques de potentiel du début de la réaction disparaissent complètement (voir tableau ci-dessous pour le cérium).

2° Les variations irrégulières et les changements des potentiels avec le temps, disparaissent aussi.

3° Le point d'inflexion se confond exactement avec le point théorique de la réaction (voir tableau pour le bayrum).

4° La chute de potentiel correspondant au point d'inflexion est brusque et plus nette que dans la solution aqueuse simple. Comme on voit dans le Tableau I les points d'inflexion sont marqués par des chutes de potentiel 3 à 10 fois plus grandes qu'en solution aqueuse.

5° L'alcool éthylique dans les proportions indiquées n'agit d'aucune façon sur la f. e. m. de la pile.

6° La présence d'ions Na^{+} et Ca^{++} n'apporte aucun changement dans le titrage de cérium en milieu alcoolique, tandis qu'en milieu aqueux leur présence masque le point d'inflexion.

Cérium.			Baryum.			Mercure.			Plomb.		
cm³.	ε (H^2O).	ε (C^2H^5OH).	cm³.	ε (H^2O).	ε (C^2H^5OH).	cm³.	ε (H^2O).	ε (C^2H^5OH).	cm³.	ε (H^2O).	ε (C^2H^5OH).
0	385,5	409,5	0	192,2	137,6	0	464,4	464,4	0	275,2	275,2
0,2	240,1	395,6	1	190,0	120,4	1	481,6	"	1	287,3	"
0,6	213,9	392,5	2	185,1	113,5	2	"	"	2	283,8	"
1	190,4	"	3	176,3	104,0	3	473,0	"	3	"	276,9
2	182,2	"	4	165,5	99,3	4	455,8	438,6	4	"	280,4
3	173,3	392,0	4,9	141,3	81,9	4,9	369,8	387,0	4,9	292,4	301,0
4	160,5	391,2	5	123,7	0,0	5	309,6	240,8	5	307,9	350,8
4,6	142,5	355,2	5,3	94,3	—14,7	5,5	283,8	215,0	5,2	326,8	375,0
4,9	119,8	285,0	6	81,1	—26,2	6	270,0	189,2	6	360,2	380,2
5	89,2	92,8	7	72,5	—34,9	7	250,0	163,4	7	376,4	380,2
5,2	80,2	51,7									
6	53,4	21,8									

Les mesures ont été faites sur 5^{cm^3} M/10 $CeCl^3$, $(NC^3)^2Pb$; et $BaCl^2$ diluées à M/300 et sur des prises de $2^{cm^3},5$ diluées M/600. Comme réactif de titration : $Fe(CN^3)K^4$ M/10 et CrO^4K^3 M/10. Les résultats indiqués par $\frac{e}{e}$ représentent en millivolts la f. e. m. totale mesurée au bornes de la pile;

El N/1 HgCl ($\vartheta + 15°$) | Solut. M. R. | Elec. (Platine).

La chute correspondant au point d'inflexion est marquée par la valeur soulignée.

En augmentant la proportion de C^2H^5OH au-dessus de 40 pour 100 le titrage sans être influencé devient plus difficile à cause du peu de sensibilité de l'électrode de platine. En résumé nous pouvons dire :

L'emploi du système $C^2H^5CH — H^3O$ dans la proportion de 30 pour 100 C^2H^5OH exerce une influence manifeste sur les courbes potentiométriques de réactions par précipitation et dans ces conditions la courbe expérimentale se confond avec la courbe potentiométrique théorique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et propriétés des solutions de l'acide antimonique.* Note de M. S. **Glixelli** et de Mlle **Deniszczukowna**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons obtenu un précipité d'acide antimonique en hydrolysant à 0°, pendant 12 à 24 heures, avec une grande quantité d'eau, une solution aqueuse concentrée de $SbCl^5$ (1 : 1 en volume). Ce précipité a été bien lavé avec de l'eau à 0°, sur ultra-filtre, afin de le débarrasser de l'acide chlorhydrique. En chauffant rapidement ce précipité à 100°, on arrive en quelques minutes à le peptiser. On le refroidit ensuite rapidement à 0°. Nous avons réussi à peptiser jusqu'à une concentration de 294^g de Sb^2O^5 par litre. Ce produit est une gelée très épaisse. Pour des concentrations de Sb^2O^5 jusqu'à 150^g par litre la solution est un liquide légèrement opalescent. Les solutions obtenues sont très stables lorsqu'on les maintient à 0°. Delacroix (1) a obtenu des solutions bien moins concentrées et qui se décomposaient rapidement. Lorsqu'on hydrolyse et lave le précipité lentement et à température ambiante, l'acide antimonique obtenu perd progressivement le pouvoir de se peptiser.

L'examen ultra-microscopique a relevé que la solution de l'acide anti-

(1) Delacroix, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 21, 1899, p. 1049; 25, 1901, p. 288.

monique se compose surtout d'amicrons et de particules en dispersion moléculaire, et de submicrons en faible quantité.

Toute la solution passe à travers l'ultra-filtre. — Le point de congélation T des solutions concentrées est inférieur à 0°. Par exemple, la solution contenant 0,4752 molécules-grammes de Sb^2O^5 par litre donne un abaissement ΔT égal à 0,069°. Pour une solution de 0,0625 mol-g par litre $\Delta T = 0{,}019°$. Cela correspond respectivement à des poids moléculaires moyens de 4200 et de 1920. Ainsi le poids moléculaire dépend de la concentration. L'élévation de température favorise l'évolution des solutions, qui consiste en un agrandissement des micelles. On obtient des poids moléculaires de l'ordre de 15000 et plus. En même temps la solution devient plus opaque. Lorsqu'on évapore rapidement la solution au bain-marie on obtient une masse gélatineuse soluble dans l'eau. Les solutions d'acide antimonique sont des électrolytes colloïdaux typiques. La conductivité d'une solution de concentration de 0,4752 mol-g de Sb^2O^5 par litre est 0,02158, à 18°. La conductivité moléculaire λ, rapportée à une mol-g de Sb^2O^5, est égale à 45,4. A mesure qu'on dilue la solution, λ d'abord diminue, passe par un minimum et ensuite croît jusqu'à 207,9 pour une solution de 0,00048 mol-g par litre. Ces changements de λ sont analogues aux changements de la conductivité moléculaire des solutions de savon, étudiés par Mc Bain.

Les mesures colorimétriques donnent dans les solutions concentrées 0,0035 mol-g de ions H par litre. On peut en conclure que la conductivité et l'abaissement du point de congélation sont dus en grande partie à la présence de ces ions dans la solution. Les micelles d'acide antimonique se composent d'anions colloïdaux et sont accompagnées d'ions H^+. On peut conclure des mesures cryoscopiques, de conductivité et de concentration de ions H^+, que dans les solutions de 0,4752 mol-g de Sb^2O^5 par litre le poids moléculaire des anions colloïdaux est environ 72000 et que chaque anion est accompagné de 15 ions H^+, alors que les anions de la solution 0,0625 mol-g par litre possèdent un poids de 4000 et que chaque anion est accompagné de 1,1 ions H^+. La dilution des solutions produit alors une décomposition rapide des micelles, qui n'est pas accompagnée d'un accroissement de charge électrique. La dissociation électrolytique proprement dite n'augmente que dans des solutions très diluées.

En mesurant la conductivité $|k|$ des solutions, on observe que, pour des solutions concentrées supérieures à 0,125 mol-g de Sb^2O^5 par litre, k diminue avec le temps. Pour des solutions plus diluées, k augmente d'abord avec le temps, passe par un maximum et ensuite décroît.

Par chauffage prolongé des solutions diluées, les micelles de ces solutions s'agrandissent et *ne passent plus à travers l'ultra-filtre*. Nous avons ainsi obtenu un autre type de solutions colloïdales d'acide antimonique. Ces solutions étaient très stables. Leur concentration était jusqu'à 98g,1 de Sb^2O^5 par litre. Le filtrat ne contenait que 0g,1 de Sb^2O^5 par litre. Les propriétés de ces solutions sont les suivantes :

1° Leur poids moléculaire moyen déduit des mesures cryoscopiques est environ 10000.

2° Leur conductivité moléculaire est plusieurs fois plus petite que celle des solutions précédentes.

3° Cette conductivité augmente avec le temps; ce fait est plus accentué dans des solutions plus diluées. Ceci peut s'expliquer par la décomposition des micelles en particules de dimensions moléculaires.

Les deux types de solutions d'acide antimonique se caractérisent par l'hétérogénéité de leurs phases dispersées. L'évolution de ces solutions se fait avec le temps et semble amener à un équilibre entre les micelles de différentes grandeurs.

Les cations produisent la coagulation des solutions d'acide antimonique selon la règle de Hardy-Schultze.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Les franges d'écrouissage ou de corrosion.* Note de M. **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'attaque des surfaces métalliques polies par les réactifs chimiques fait souvent réapparaître les traces de rayures existantes avant polissage, rayures dues au dégrossissage ou rayures intentionnelles résultant d'une détermination de la dureté.

Le caractère orienté et par suite cristallin de la déformation est marqué par le changement d'aspect que l'on constate au passage d'un grain à l'autre; en outre, certains grains échappent au phénomène, montrant bien que l'intensité de l'écrouissage pour une même rayure est fonction de l'orientation cristalline du grain (d'où la confusion faite par certains auteurs entre ces « rayures latentes » et les lignes de Neumann dans le fer α).

L'attaque fait apparaître des cannelures ou striures alternativement sombres et brillantes qui ont été appelées par Osmond *franges de déformation* ou *franges d'écrouissage*; ces franges se constatent également comme conséquence locale des déformations générales de l'échantillon;

mais comme elles apparaissent sous l'action de réactifs corrodants, on peut également les désigner par *franges de corrosion*.

L'étude de ce phénomène est plus facile sur les échantillons formés de grains volumineux ou sur les échantillons unigranes, car on peut alors

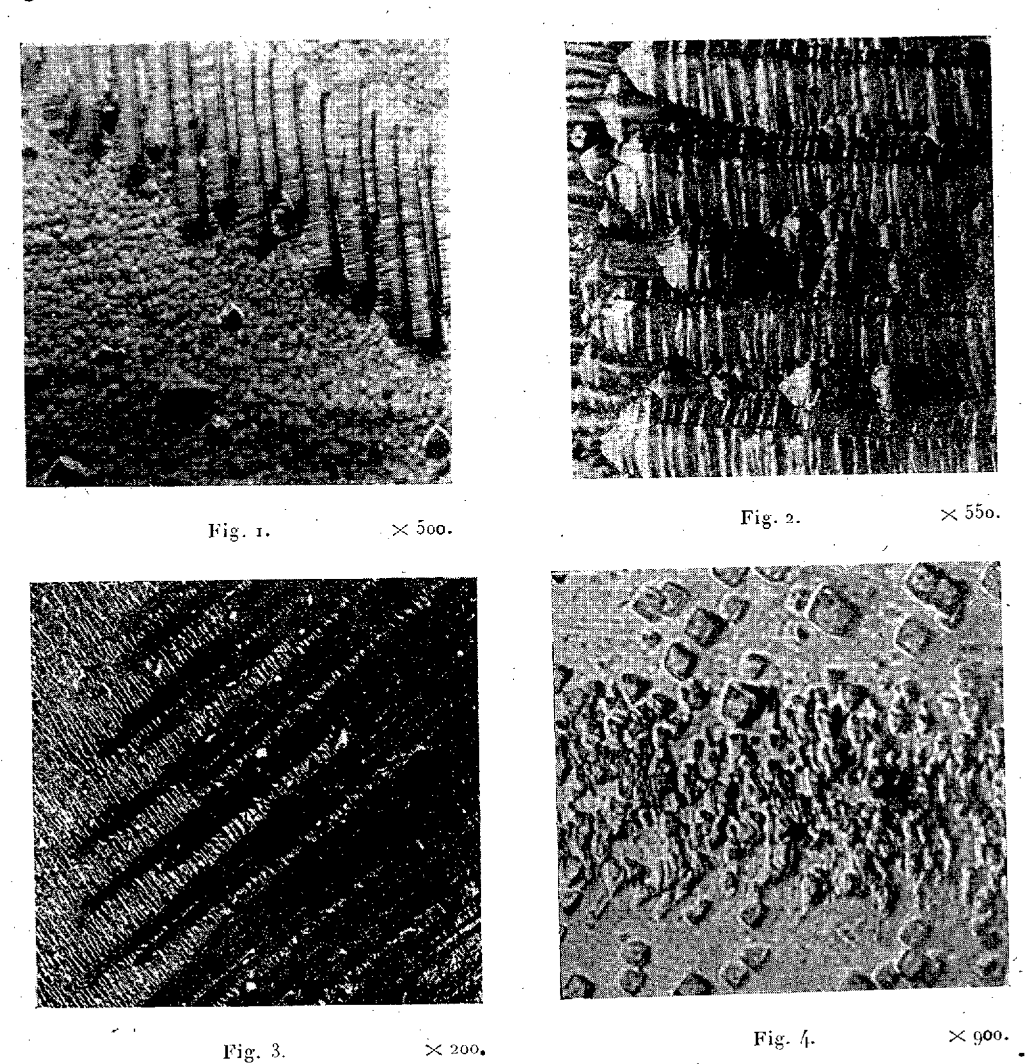


Fig. 1. × 500.

Fig. 2. × 550.

Fig. 3. × 200.

Fig. 4. × 900.

comparer plus facilement l'aspect de la perturbation locale à celui du reste du grain après attaque.

On peut distinguer deux types d'aspect de ces cannelures :

1° *Cannelures alternées ou franges nettement distinctes* : exemple des

figures 1 à 3 relatives au cuivre ou à des solutions solides riches en ce métal.

2° *Modification d'aspect des figures de corrosion* que nous avons pu constater sur le fer α (*fig.* 4).

I. L'orientation des franges dans un même grain dépend de la direction générale de la rayure; cependant, on peut constater, dans un même grain, des rayures de directions différentes ou des rayures curvilignes pour lesquelles les franges sont parallèles, montrant bien l'influence directrice de l'orientation cristalline dans la perturbation qui résulte de la rayure.

La netteté et le parallélisme des franges dans certains cas (*fig.* 3) font même penser que l'on se trouve en présence de macles mécaniques répétées ou polysynthétiques.

II. Cette relation entre la perturbation du réseau cristallin et des figures de corrosion se retrouve plus nettement dans le fer α, surtout si l'on a soin de n'opérer que sur des sections cristallographiquement orientées sur les clivages ou faces p du fer α.

La figure 4 montre le résultat d'une rayure sur une face p après effaçage par polissage et attaque au chlorure de cuivre ammoniacal suivie d'un très léger polissage à l'alumine; alors que les figures carrées de corrosion sont bien visibles sur la préparation, la zone écrouie présente des figures de corrosion d'une tout autre forme.

Dans le cas d'une déformation locale plus profonde par poinçonnage, nous avons pu constater dans la région écrouie, après une attaque semblable, l'apparition des figures de corrosion triangulaires, alors qu'il s'agissait initialement d'une face p à figures de corrosion carrées.

Il y a, dans ces deux cas, déformation d'ensemble du réseau cristallin probablement par translation proportionnelle. Naturellement des déformations plus accentuées ou plus complexes conduiraient à une fragmentation du cristal en individus cristallins plus petits avec distorsion du réseau.

En résumé, les déformations superficielles des grains cristallins résultant du polissage ou des rayures font voir, après attaque, des caractères qui marquent une permanence de l'état cristallin : la périodicité et l'orientation des franges, l'obtention de figures de corrosion. Mais on comprend qu'avec des déformations suivant des directions non strictement parallèles, la finesse de structure et la distorsion du réseau qui en résultent aient pu faire croire à la production d'une couche « amorphe » (Beilby).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des substances organiques, à haute température et sous pression élevée, en présence de catalyseurs non hydrogénants.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note précédente [1], nous avons indiqué que les molécules organiques, soumises à une température suffisamment élevée, en présence d'hydrogène sous pression, se rompaient en fournissant des molécules plus simples, mais saturées, l'hydrogène se fixant sur les tronçons de molécules à l'instant même de la rupture de la molécule initiale.

Or, beaucoup de molécules ne subissent cette dissociation, en présence d'hydrogène, qu'à des températures très élevées, peu compatibles avec le mode opératoire utilisé. Nous avons pensé qu'on abaisserait le seuil de température de la réaction en faisant intervenir des agents catalytiques, susceptibles : soit de provoquer des réactions internes (telles que départ de groupements hydroxyles, etc.), soit de donner lieu à la formation de composés intermédiaires d'addition ou de substitution, moins stables que le composé initial.

Dans tous les cas on pouvait supposer, en effet, que les nouveaux composés obtenus se dissocieraient plus facilement que la molécule initiale.

L'expérience est venue justifier nos prévisions.

C'est ainsi que, si l'on chauffe, pendant 3 heures, le cyclohexanol (P. E. : 160°) en présence d'alumine ou d'un catalyseur déshydratant, et ce en présence de H comprimé, entre 420 et 440°, on le transforme presque quantitativement en cyclohexane (P. E. : 79°) et, pour une faible part, en hexane normal (P. E. : 70°).

De même, dans la catégorie des corps oxygénés complexes : huiles végétales, huiles de schiste, etc., on réalise leur transformation en hydrocarbures avec beaucoup plus de facilité en agissant en présence d'un catalyseur déshydratant, qu'en opérant en son absence.

Mais l'action des catalyseurs est encore plus nette, peut-être, dans le cas des corps à noyaux polycycliques. C'est ainsi que la naphtaline, chauffée seule, en présence d'H sous pression, à 500°, n'est que très partiellement transformée en hydronaphtalines, celles-ci n'étant accompagnées que de

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 389.

très faibles quantités de carbures benzéniques (¹). Si, au contraire, l'opération est faite en présence de quelques centièmes d'halogénures des métaux terreux (en particulier $FeCl^3$ et $AlCl^3$) ou alcalino-terreux, on transforme, en 3 heures, à une température de 460°, plus de 60 pour 100 de la naphtaline mise en œuvre en un liquide constitué, en majeure partie, par du benzène, du toluène, des xylènes, etc. (P. E. : 80 à 180°), sans qu'il y ait d'ailleurs formation d'aucune quantité de goudron. Cette même méthode, appliquée à des corps complexes, à noyaux polycycliques, tels que goudrons de houille, huiles d'anthracène, brai, houille même, nous a fourni également des carbures benzéniques, avec des rendements plus ou moins considérables, suivant la nature de la matière première.

L'emploi de la méthode d'hydrogénation par H sous pression, avec emploi simultané de divers agents catalytiques non hydrogénants, est certainement susceptible de fournir aux chimistes un nouveau procédé de recherches, dont les résultats paraissent devoir être fructueux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chlorhydrines de quelques acétones αβ non saturées.* Note (²) de MM. **Pastureau** et **Bader**, présentée par M. Béhal.

L'un de nous avait montré en 1922 (³) que l'oxyde de mésityle fixe facilement l'acide hypochloreux sur sa double liaison pour donner la chlorhydrine correspondante, qui a servi de matière première pour la synthèse de la tétraméthylglycérine; nous avons cherché à généraliser cette réaction sur d'autres acétones non saturées d'un abord assez facile : l'éthylidène, la propylidène et l'isoamylidène acétone.

Nous avons obtenu les chlorhydrines de ces acétones avec des rendements assez variables. L'acide hypochloreux nécessaire à la réaction a été préparé par la méthode de M. Detœuf (⁴) à la chlorurée.

Chlorhydrine de l'éthylidène acétone

$$CH^3 - CHOH - CHCl - CO - CH^3.$$

Pour préparer cette chlorhydrine, on prend : solution aqueuse de chlo-

(¹) Voir W. Ipatiew et autres, *Ber. Deut. Chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 1281; **58**, 1925, p. 1, et aussi F. Fischer, *ibid.*, **49**, 1916, p. 252.

(²) Séance du 18 janvier 1926.

(³) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1555.

(⁴) *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1922, p. 102.

rurée à 94^{g},45 par litre, 1^{l}; éthylidène acétone, 84^{g}; acide acétique, 15^{g}; on agite le mélange à la machine. La réaction est vive et l'on constate un échauffement, la température s'élève à 35° environ. Après 4 heures d'agitation, on constate, par un dosage de chlore actif. que tout l'acide hypochloreux a disparu. Après une nuit de contact, on rassemble à l'éther et l'éther est lavé au carbonate de sodium, à l'eau, puis desséché sur du sulfate de sodium anhydre. On récupère ensuite l'éther et le résidu est distillé dans le vide. La chlorhydrine passe entre 75° et 78° sous 15^{mm}. C'est un liquide de couleur légèrement ambrée et d'odeur camphrée, attaquant fortement les muqueuses. Gardé à l'abri de la lumière, il noircit rapidement en perdant de l'eau et de l'acide chlorhydrique.

Indice de réfraction : $n_D^{22} = 1,4548$; $d_4^{22} = 1,1254$. Réfraction moléculaire : trouvée, 32,48; calculée, 31,77. Dosage du chlore par la méthode au sodium alcool : poids de la substance, 0^{g},2502; chlore trouvé, 0^{g},06512; Cl pour 100 : trouvé, 26,02; calculé, 26,07.

Le rendement en chlorhydrine est de 35 pour 100 du rendement théorique.

Chlorhydrine de la propylidène acétone

$$CH^3 - CH^2 - CHOH - CHCl - CO - CH^3.$$

On prend : solution de chlorurée à 94^{g},45 par litre, 500$^{cm^3}$; propylidène acétone, 49^{g}; acide acétique, 7^{g}. L'opération est conduite comme plus haut, mais la réaction marche très lentement et sans élévation de température. Au bout de deux jours, il reste encore des traces de chlore actif. Après les opérations habituelles, on distille dans le vide; le produit passe à 94° sous 13^{mm}. La quantité obtenue est de 12^{g}, ce qui correspond à 19 pour 100 du rendement théorique.

La chlorhydrine est un liquide incolore d'odeur camphrée qui se décompose rapidement, même à l'abri de la lumière, en se colorant en noir.

Indice de réfraction, $n_D^{15} = 1,4639$; densité, $d_4^{15} = 1,1396$. Réfraction moléculaire : trouvée, 36,24; calculée, 36,42. Dosage du chlore : poids de la substance, 0^{g},1663; chlore, 0^{g},03869; Cl pour 100 : trouvé, 23,26; calculé, 23,56.

Chlorhydrine de l'isoamylidène acétone

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!> CH - CH^2 - CHOH - CHCl - CO - CH^3.$$

On prend : solution de chlorurée à 94^{g},45 par litre, 1^{l}; isoamylidène acé-

tone, 126^g; acide acétique, 15^g. La réaction est encore beaucoup plus lente que dans le cas précédent, il faut agiter pendant trois jours et l'on retrouve encore du chlore actif au bout de ce temps. Nous avons alors employé une solution d'acide hypochloreux plus concentrée : solution de chlorurée à 320^g par litre, 300^{cm^3}; isoamylidène acétone, 126^g; acide acétique, 15^g. Malgré la forte concentration, il ne se produit aucune élévation de température et la réaction dure plus de deux jours. La distillation fractionnée dans le vide donne, à côté de l'isoamylidène acétone non altérée, la chlorhydrine qui bout à 61° sous 5^{mm}. La quantité obtenue est de 10^g, ce qui correspond à un rendement de 6 pour 100 du rendement théorique. Cette chlorhydrine est un liquide incolore d'odeur aromatique, non irritante, noircissant à la lumière comme les précédentes en libérant de l'eau et de l'acide chlorhydrique.

Indice de réfraction : $n_D^{22} = 1,4690$; densité, $d_4^{22} = 1,099$. Réfraction moléculaire : trouvée, 46,18; calculée, 45,58.

Dosage du chlore : poids de la substance, $0^g,1466$; chlore trouvé, $0^g,02906$; Cl pour 100 trouvé, 29,82; calculé, 29,86,

Le rendement obtenu dans la préparation de ces chlorhydrines diminue avec l'augmentation du poids moléculaire de la cétone non saturée. Il était de 33 pour 100 avec l'oxyde de mésityle, il est de 35 pour 100 avec l'éthylidène acétone, de 19 pour 100 avec la propylidène acétone et seulement de 6 pour 100 avec l'isoamylidène acétone.

GÉOLOGIE. — *Broyages et Mylonites postérieurs au Stéphanien dans le massif cristallin des Maures.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Émile Haug.

D'observations recueillies au cours de tournées que je poursuis depuis de longues années dans les Maures [1], il ressort un fait que je crois utile de mettre en évidence. C'est l'existence d'une zone continue de formations broyées qui se suit sur plus de 14^{km}, le long de la bordure orientale d'une étroite bande de terrain houiller, dirigée du sud au nord, au milieu des micaschistes et du granite, parallèlement aux plissements hercyniens, à l'ouest de Grimaud et du Plan de la Tour (ravin NW Grimaud, route col de Vignon, les Lions, la Colle Dure, les Roussillons).

---

(1) *Bull. Carte géol. Fr.*, 3e série, **18**, 1908, p. 70; **20**, 1910, p. 186; **22**, 1913, p. 194. — *C. R. Soc. Sav.*, 1912, p. 126-132.

Le Houiller est composé de poudingues, de grès psammitiques, de schistes à plantes; il contient des éléments du granite et des micaschistes remaniés; il ne présente pas trace de métamorphisme granitique. Il provient donc d'érosions postérieures à de premiers plissements hercyniens. Mais il a été lui-même profondément plissé. En bancs redressés jusqu'à la verticale, contre l'accident qui le borde à l'E, il est laminé, broyé et devient mylonitique (mylonite gris bleu ou verdâtre, très silicifiée).

La zone broyée intéresse non seulement le Houiller, mais aussi les micaschistes et le granite. Les mylonites y sont variées, soit à éléments grossiers, soit à éléments fins; la silicification y a été très intense.

Les poussées tectoniques, accompagnées de charriages, qui ont broyé les roches cristallines et le Houiller sont donc postérieures à ce dernier, et les mylonites, formées en direction N-S, que l'on rencontre depuis Grimaud jusqu'au nord des Gniols sont *post-stéphaniennes*.

Cet accident hercynien N-S est croisé, aux Gniols, à angle droit, par un accident E-W, pyrénéen, également jalonné par des mylonites de granite, de micaschistes et de Houiller et par les filons de quartz du Revest et du nord de Vaucron.

Il existe donc, dans le massif cristallin des Maures, des mylonites au moins de deux âges bien déterminés, les unes primaires, post-stéphaniennes, les autres tertiaires.

GÉOLOGIE. — *La chaîne des Aiguilles Rouges dans le mouvement orogénique alpin.* Note de MM. **P. Corbin** et **N. Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Comme on le sait, la chaîne des Aiguilles Rouges, ce socle hercynien des nappes helvétiques, n'est pas homogène dans sa composition lithologique. Deux groupes de roches peuvent y être distinguées : 1° la série antéstéphanienne (schistes cristallins et roches éruptives) et 2° la série des roches du Carbonifère.

Sans insister davantage sur les détails de la tectonique hercynienne, on peut considérer l'existence, dans les Aiguilles Rouges, de trois grands bassins de formations carbonifères : 1° synclinal complexe d'Arbignon, Salvan, Châtelard, Posettes; 2° synclinal complexe Moëdes, Servoz, les Houches; 3° synclinal complexe de la vallée de Montjoie.

Ces trois bassins carbonifères sont limités (et séparés l'un de l'autre)

par quatre complexes de roches cristallines, qui sont (de l'E à l'O) : 1° soubassement du Grand Chavalard (massif de la Dent de Morcles), massif de l'Arpille; 2° soubassement de la Dent de Morcles (proprement dite), chaîne des Aiguilles Rouges à partir du Luisin (dans la vallée du Rhône) jusqu'au Brévent (dans la vallée de Chamonix); 3° massif du Prarion; 4° soubassement (en partie) du Mont-Joly (boutonnière de Megève).

En relation avec cette liste des unités tectoniques hercyniennes nous sommes obligés de faire remarquer que les contours des formations cristallines ainsi que du Carbonifère et du Trias, tels qu'ils figurent sur la carte au 80000e dans le massif du Prarion, de même qu'à l'est et à l'ouest de ce massif, demandent de sérieuses corrections. Ceci est d'une grande importance pour l'interprétation de la tectonique (hercynienne et alpine) de toute cette région.

Si l'on étudie des coupes transversales aux axes des synclinaux carbonifères, dans les régions où la couverture mésozoïque du socle hercynien n'est pas encore enlevée par l'érosion, on constate que, le long des synclinaux complexes carbonifères, existent des dépressions comblées par du Mésozoïque. Le fond de ces dépressions est en grande partie du Carbonifère, tandis que les bords sont principalement du Cristallin. Voici l'emplacement des trois principales dépressions dans les Aiguilles Rouges :

1° La dépression Arbignon-Posettes est visible dans le massif de la Croix de Fer. Vers le NE, dans cette dépression, le Mésozoïque n'est que virtuel, par le fait que le long du complexe du Carbonifère s'est creusée une vallée (celle du Châtelard-Salvan) et que l'érosion a enlevé tout le Mésozoïque, ainsi qu'une grande partie du Carbonifère. Mais, sur la rive droite de la vallée du Rhône, la coupe splendide de la Dent de Morcles permet de voir la section oblique de cette dépression.

2° Dans notre Communication antérieure, nous avons déjà mentionné une seconde dépression, dans le complexe carbonifère entre le Prarion et l'Aiguillette du Brévent. Ici également, une vallée profonde, la vallée de l'Arve, entre les Houches et Servoz, est taillée exactement à l'emplacement d'un synclinal complexe du Carbonifère, mais la base de la série mésozoïque de cette vallée est conservée sous la forme de plaques de quartzites du Trias qui reposent sur le substratum hercynien.

3° Dans la vallée de Montjoie se répète la même disposition.

Les prolongements de ces deux dernières dépressions, celle des Houches-Servoz et celle de Montjoie, sont visibles dans le mur gigantesque des Hautes Alpes calcaires : la première entre les rochers des Fiz (au-dessus

du col d'Anterne) et la Pointe de Platé; la seconde, entre la Pointe de Platé et l'Aiguille de Varens. C'est M. Lugeon qui a attiré l'attention sur l'existence et la signification de la première dépression. Elle n'est que le prolongement de la vallée tectonique des Houches-Servoz. La seconde est le prolongement de la vallée de Montjoie.

Ces dépressions montrent que, pendant le mouvement orogénique alpin, la chaîne des Aiguilles Rouges ne put s'élever en une seule masse par suite de l'hétérogénéité de sa composition. Les blocs formés de Cristallin furent surélevés par rapport aux synclinaux complexes du Carbonifère. Ainsi, le plissement alpin accentua encore l'effet du plissement hercynien.

Le Mésozoïque décèle dans ces dépressions l'existence des synclinaux alpins. Mais ces synclinaux n'appartiennent pas au système des plis puissants de la zone de Chamonix. L'axe de la zone de Chamonix est orienté NE-SW, tandis que les synclinaux alpins qui longent les synclinaux carbonifères butent contre la zone de Chamonix sous des angles divers, allant jusqu'à 45°.

Ainsi les Aiguilles Rouges, que les nappes helvétiques ont été obligées de franchir dans leur mouvement vers le NW, comprennent trois dépressions importantes, dont la formation est due au mouvement orogénique alpin, mais dont l'emplacement et la direction (le long des synclinaux complexes carbonifères) ont été prédéterminés par le mouvement orogénique hercynien.

Ce phénomène se répète, sur une plus petite échelle, dans les points où, sous le Mésozoïque autochtone, se trouve le substratum hercynien redressé et, lithologiquement, fort hétérogène.

Sur le versant ouest du Prarion, sur le promontoire déterminé par les torrents du Bonnant et de Bionnassay (entre le Champel et la Gruvaz), ainsi que dans les environs de Saint-Nicolas-de-Véroce, on peut voir plusieurs petits synclinaux de Mésozoïque qui sont dirigés (en moyenne) N-S et non pas NE-SW, comme le sont les plis du synclinal complexe de Chamonix. Les plans axiaux de ces petits synclinaux sont souvent déjetés vers l'ouest et leurs flancs orientaux sont parfois même rebroussés. L'origine de ces petits synclinaux est absolument la même que celle des trois, plus considérables, décrits plus haut. Les zones plus dures, plus compactes, du substratum hercynien ont glissé, pendant le mouvement alpin, sur des zones plus tendres, plus plastiques. Ce déplacement réciproque des zones a déterminé le *ridement* de la couverture mésozoïque autochtone, phénomène purement local et de petite envergure.

BOTANIQUE. — *Sur la benzidine comme réactif dans les plantes vivantes.* Note de M. **Casimir Rouppert**, présentée par M. L. Mangin.

En étudiant les ferments oxydants chez les plantes, M. Raciborski a découvert en 1898 la leptomine, identique à la peroxydase, décrite quelques mois après par Linossier. Pour la localiser dans les tissus des plantes, Raciborski a employé (1905), entre autres réactifs, la benzidine avec H^2O^2, ce qui donnait une nette coloration bleue.

En 1901, L. Mangin, dans un travail qui n'a pas été assez signalé, décrit une réaction de la benzidine avec les membranes lignifiées qui sont colorées en rouge brun.

Pendant ses études sur les ferments oxydants extracellulaires Raciborski cultivait diverses plantes dans une faible solution de benzidine (0,01-0,0005 pour 100); il observait, grâce à l'oxydation facile de la benzidine, une coloration bleue des racines déjà au bout de 3 heures et pouvait vérifier les résultats, obtenus en 1888 par Molisch, et constater la localisation extracellulaire de l'oxydase. L'examen des plantes cultivées dans cette solution de benzidine, montre une coloration des membranes lignifiées dans les faisceaux du bois (1905). Cette coloration, découverte en 1901 par Mangin, serait due, d'après Raciborski, à la présence d'une oxydase dans les parois des vaisseaux.

En 1913 Atkinson affirme l'existence de l'oxydase dans le sclérenchyme. Schneider (1914) s'occupe de la réaction de la benzidine sur les tissus lignifiés, et en 1916 Wodziczko, élève de Raciborski, décrit la coloration double, obtenue par l'action de la benzidine avec H^2O^2 sur des coupes de faisceaux : le leptome est coloré en bleu, et les membranes lignifiées en jaune orangé. Van Zijp s'occupe en 1920 de la même réaction du bois.

J'ai vérifié cette réaction soit sur des tissus lignifiés (sciure de bois, morceaux de bois, papier de journal, etc.), soit sur les préparations microscopiques de jeunes plants de haricots (*Ph. vulgaris*) et de châtaigners, cultivés dans une solution faible de benzidine. Cette réaction de Mangin-Raciborski m'a permis de résoudre un problème qui ne pouvait l'être qu'avec une réaction vitale extrêmement nette et sensible.

En faisant des coupes de l'axe hypocotylé chez diverses variétés de haricot (*Ph. vulgaris*), on peut observer deux cas : chez toutes les variétés qui sont à graines blanches, à graines marbrées (Suisse gris et Osborn

exceptés), ou uniformément teintées du type flageolets verts, noir hâtif de Belgique, nain de Lignereux, Jaune cent pour un, noir de l'Hermitage, etc., on ne remarque aucune réaction colorée; au contraire, chez les variétés à graines uniformément teintées du type rouge de Chartres, flageolets noir et rouge, d'Alger nain, Jaune du Canada, etc., et les deux variétés à graines marbrées (Suisse gris et Osborn), il apparaît sur la coupe des points rouges ou violets qui correspondent aux tannifères. J'appelle cette réaction r. h. (réaction hypocotylée) dans un Mémoire publié à Cracovie (dans *Ogrodnictwo*, 1924); elle est en relation avec une production d'anthocyane dans les tannifères et avec la formule génotypique pour les graines uniformément teintées *Am* v. Tschermak. Dans ses études, faites à mon laboratoire à Cracovie (publiées dans le *Bulletin de l'Académie polonaise*, 1924 et 1925), M^lle^ Alina Herszlik a constaté la nature pectique des parois des cellules tannifères de *Phas. multiflorus* et de même des membranes englobant les vacuoles à tannins de *Ph. vulgaris*.

Avec une faible solution de rouge de méthyle neutralisée par l'eau de Seine et de couleur jaune, on peut obtenir une coloration rouge des membranes lignifiées (réaction décrite par M^lle^ W. Stecowna, 1925); quant au contenu des tannifères il prend la coloration rouge, les membranes restant incolores; il est évident, que les tannoïdes sont acides (pH = 4-5). Si nous alcalinisons les coupes des axes hypocotylés des haricots sans r. h., soit par une trace d'ammoniaque ou de potasse, soit simplement en les observant dans une goutte d'eau de Seine (ou de la Vistule, comme je l'ai fait à Cracovie), nous constatons que le contenu des tannifères se colore en rouge brun; observées dans une goutte d'eau distillée (de pH = 5), ces coupes ne donnent aucune coloration. Si nous traitons de la même manière les coupes des axes hypocotylés des haricots à r. h., la coloration rouge ou violette des gouttes d'anthocyane se change en bleu, et le contenu des tannifères, jusqu'à présent incolore, prend une coloration rouge brun. Cette coloration, qui apparaît après l'alcalinisation du contenu, est-elle due à l'autoxydation des tannoïdes ou bien à l'action d'un ferment oxydant, localisé en dehors du chromogène? Voilà le problème à résoudre.

On pourrait admettre, d'après les travaux de Radziszewski, Reinke, Mourreu et Dufraisse, M^lle^ Laura Kaufman, MM. Girard et Platard, etc., une autoxydation; mais les études de Raciborski (1905) et de Wodziczko (1916-1921) ont montré la présence chez les plantes d'un ferment oxydant extracellulaire, localisé dans les membranes pectiques, dont l'action serait, dans notre cas, paralysée par l'acidité du chromogène.

En faisant des cultures de flageolets verts dans la solution faible de benzidine, nous avons constaté, au bout d'une journée, la réaction Mangin-Raciborski des vaisseaux et du sclérenchyme (colorés en rouge brun); et dans les tannifères, nous avons constaté une coloration distincte : violet foncé des enveloppes pectiques du contenu des tannifères, leurs membranes cellulosiques restant incolores ainsi que le contenu tannique lui-même.

Comme nous voyons, la benzidine peut donner plusieurs colorations : bleu, violet, rouge orangé et rouge brun. C'est Raciborski (1905, p. 341), qui a remarqué que la benzidine, suivant le degré d'oxydation, donne des couleurs différentes. Ce fait fut étudié ensuite en détail par Willstätter (1906, 1908), Schlenk (1908) et Madelung (1911), et de nouveau constaté par K. Noack (1925).

En résumé, nous avons constaté en faisant des cultures de haricot dans de faibles solutions de benzidine : 1° la réaction de Mangin-Raciborski des membranes lignifiées; 2° la présence d'une oxydase dans les enveloppes pectiques des tannoïdes des tannifères.

BOTANIQUE. — *Possibilité de déterminer l'âge des graines de blé par la température de leur germination.* Note de M. **O. Munerati**, présentée par M. Molliard.

Les essais ont été faits à des températures (en centigrades) 30° à 32° (au thermostat), 22° à 24° (normal), 12° à 13° et 5° à 7° (au frigorifique) et pour les diverses variétés en observation, avec répétition en série à partir du mois de juillet, jusqu'à la fin du mois de septembre. Nous résumons ici les seules données d'un essai commencé le 6 juillet sur les variétés qui se sont montrées les plus typiques, c'est-à-dire en général les Pétanielles, qui ont tendance à germer à une température plus élevée, étant même à peine récoltées, du *Carlotta Strampelli* et de ses ascendants, qui demandent pour germer, durant la même période estivale, une température au-dessous de 10° centigrades, et de deux variétés intermédiaires (Gentile Rosso et Inversable Vilmorin).

	Graines de 1923. Germées après jours :						Graines de 1924. Germées après jours :						Graines de 1925. Germées après jours :					
	3.	5.	7.	9.	11.	Total.	3.	5.	7.	9.	11.	Total.	3.	5.	7.	9.	11.	Total
Pétanielle (1[er] échantillon).																		
Temp. 30°-32°...	14	14	2	″	″	30	5	4	22	16	″	47	3	4	3	6	″	16
» 22-24...	31	10	″	″	″	41	97	″	″	″	″	97	32	25	11	13	″	81
» 12-14...	″	7	23	3	″	33	″	97	1	″	″	98	″	39	47	3	″	89
» 5- 7...	″	″	″	11	13	24	″	″	″	98	″	98	″	″	87	12	″	99
Pétanielle (2[e] échantillon).																		
» 30-32...	5	5	3	″	″	13	1	14	8	23	″	46	2	1	2	1	″	6
» 22-24...	23	1	1	″	″	25	94	1	″	″	″	95	5	5	9	20	″	39
» 12-14...	″	5	22	4	″	31	″	75	24	″	″	99	″	52	42	1	″	95
» 5- 7...	″	″	20	5	3	29	″	″	″	90	3	93	″	″	97	1	″	98
Gentile Rosso.																		
» 30-32...	25	15	3	1	″	44	5	15	6	7	″	33	″	″	″	″	2	2
» 22-24...	52	2	″	″	″	54	96	″	1	″	″	97	5	3	6	22	″	36
» 12-14...	″	27	20	5	″	52	″	97	″	″	″	97	″	55	34	6	″	95
» 5- 7...	″	″	″	35	5	40	″	″	″	96	″	96	″	″	99	″	″	99
Inversable Vilmorin.																		
» 30-32...	13	10	20	14	″	57	2	1	2	4	″	9	″	″	″	2	″	2
» 22-24...	67	5	1	1	″	74	75	1	″	″	″	76	2	4	4	6	″	16
» 12-14...	″	30	28	8	″	66	″	60	20	2	″	82	″	″	86	2	″	88
» 5- 7...	″	″	″	36	18	54	″	″	″	86	2	88	″	″	77	20	″	97
Carlotta Strampelli.																		
» 30-32...	57	24	11	1	″	93	7	25	1	13	″	46	″	″	″	″	″	″
» 22-24...	93	″	″	″	″	93	90	″	″	″	″	90	″	2	″	1	″	3
» 12-14...	″	77	11	1	″	89	83	1	″	″	″	84	″	8	18	8	″	34
» 5- 7...	″	″	94	″	″	94	″	96	″	″	″	96	″	″	99	″	″	99
Blé de Bordeaux.																		
» 30-34...	41	15	26	3	″	85	5	17	15	14	″	51	1	″	″	″	″	1
» 22-24...	88	″	″	″	″	88	95	″	1	″	″	96	1	1	3	6	″	11
» 12-14...	″	56	31	1	″	88	″	83	14	″	″	97	″	6	26	23	″	55
» 5- 7...	″	″	81	6	″	87	″	96	2	1	″	99	″	27	62	″	″	89

En étendant nos observations à d'autres céréales, nous pûmes noter qu'elles réagissaient, elles aussi, de la même manière que le blé.

Enfin la folle avoine même, dont nous possédons une collection recueillie

sans interruption depuis de longues années, se comporte d'une manière parfaitement analogue. Dans un essai fait à la fin du mois de juillet avec des graines de 1923, 1924 et 1925, nous avons obtenu en 14 jours :

	A 22°-24°.	A 12-14°.	A 5°-7°.
Graines de 1923	77	66	37
» 1924	65	73	34
» 1925	»	35	56

Conclusions. — De l'examen des chiffres et mieux, en portant en graphique les éléments numériques, on peut tirer quelques déductions :

1° Selon la façon dont les grains de blé mis à germer à des températures diverses réagissent (dans les essais dont il s'agit les températures varient de 32 à 6° C. environ), on peut juger avec un critérium presque absolu de l'âge de la semence respectivement des trois dernières récoltes. Les graines de l'année ne germent pas, ou germent en pourcentage minime si elles sont mises en germination à la température de 30°-32° ou de 22°-24° C.; au contraire, la plus grande partie des variétés germe à la température de 12° à 14°, et toutes indistinctement, à la température de 5° à 7° C. Les graines de l'année précédente germent bien, quelle que soit la température de germination, mais elles manifestent une tendance bien nette à précéder celles nouvellement récoltées à la température de 12° à 14°; et vice versa, à les suivre à la température de 5° à 7° C. Les graines vieilles germent bien aux températures de 30° à 32° et 22°-24° C., mais elles lèvent avec un sensible retard à la température de 12°-14° et encore plus lentement à celles de 5°-7° C.

2° Les autres céréales communes se comportent d'une façon analogue, et même la folle avoine (grains gros) réagit de la même manière.

3° La conception de l'optimum de température pour la germination des semences, au moins en ce qui concerne les céréales, doit s'orienter sur des principes différents; c'est-à-dire qu'on ne doit pas considérer cet optimum d'une façon abstraite, mais spécifiquement en fonction de l'âge de la semence.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution nucléaire chez les Exoascées.* Note de M^lle **Panca Eftimiou**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les Exoascées constituent une petite famille d'Ascomycètes dont les deux principaux genres sont les *Exoascus* et les *Taphrina*, représentés par d'assez

nombreuses espèces vivant en parasite sur le Pêcher, le Poirier, le Cerisier, le Prunier, le Bouleau, le Peuplier, l'Aune, etc.

Les affinités de cette famille sont encore assez obscures et Juel, en 1921, tend à les rapprocher des *Taphridium* dans un beau Mémoire relatif aux Hémiascées : il ne semble pas cependant, d'après nos observations, que cette assimilation soit exacte, car l'organe reproducteur des *Taphridium* correspond à un sporange, alors que celui des Exoascées a tous les caractères d'un véritable asque, ainsi que nous allons le montrer.

On sait, à la suite des travaux de Dangeard, relatifs à la sexualité des champignons supérieurs, qu'une fusion de deux noyaux, dite « fusion dangeardienne » existe toujours à l'origine de l'asque et de la baside. Il a été établi, dans nombre d'exemples que cette fusion nucléaire, comme dans tous les cas de fécondation, chez les animaux et les végétaux, entraînait l'existence d'une réduction chromatique : les recherches récentes, concernant les phénomènes d'héterothallie chez les Basidiomycètes et quelques Ascomycètes, ont montré tout l'intérêt de cette réduction chromatique, en même temps qu'elles confirmaient la signification de « karyogamie » attribuée dès le début aux fusions nucléaires.

Dans ces conditions, il était à prévoir qu'une étude histologique complète des organes reproducteurs des Exoascées fournirait des résultats en ce qui concerne leurs affinités.

Nous avons réussi à observer des divisions nucléaires dans le thalle, ce qui est entièrement nouveau pour les Exoascées; dans l'ensemble des Champignons supérieurs, de telles divisions dans le thalle n'ont été vues que très rarement et on leur accorde avec raison une grande importance : elles permettent de comparer utilement le stade haploïde et le stade diploïde des plantes supérieures avec les mêmes stades chez les Thallophytes.

Le fuseau nucléaire, dans ces divisions végétatives, présente un centrosome à chacune des extrémités : au stade de la plaque équatoriale, on ne compte que deux chromosomes : ceux-ci se dédoublent et chaque moitié se rend au voisinage d'un centrosome pour assurer la reconstitution des deux nouveaux noyaux.

Ces divisions végétatives ont été vues dans des articles du thalle possédant un assez grand nombre d'éléments nucléaires; ces articles, par une suite de cloisonnements, donnent les cellules binucléées lesquelles finalement fournissent les jeunes asques : à l'intérieur de ceux-ci, les deux noyaux se fusionnent intimement.

Le noyau de fécondation, ainsi formé, possède donc quatre chromosomes et l'asque représente ainsi un stade diploïde.

Il était nécessaire, pour compléter l'évolution nucléaire chez les Exoascées, de suivre la division de ce noyau de l'asque; or, lorsqu'on examine le stade de la plaque équatoriale, à la première mitose, on ne voit encore sur le fuseau que deux chromosomes, comme pour les noyaux végétatifs : ces deux chromosomes, de par leur origine, doivent être considérés comme bivalents, mais rien, dans leur aspect, n'indique cette nature double : les deux divisions qui suivent montrent également deux chromosomes, mais plus petits et moins riches en chromatine : ces chromosomes sont parfois si rapprochés l'un de l'autre qu'ils paraissent n'en former qu'un seul.

Nous avons étendu ces résultats à plusieurs espèces d'Exoascées, de telle sorte que nous avons des raisons de croire qu'ils sont probablement communs à toute la famille.

Il y a lieu de remarquer que le nombre des chromosomes est indiqué, pour la première fois d'une façon précise dans cette famille : en effet, les observations de Sadebeck et celles de Juel, tout en signalant l'existence d'une caryocynèse dans l'asque, n'avaient pu en donner une description complète.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu souterrain sur les Mousses.* Note de M. **Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

Avant d'étudier par l'expérience l'influence du milieu souterrain sur la forme et la structure des Mousses, voyons les modifications qu'il produit, dans la nature, sur la partie de leurs organes normalement enterrée.

Si nous considérons les Mousses au point de vue des relations qu'elles présentent avec le sol, dans les conditions naturelles, nous voyons que nous pouvons les classer en trois types biologiques principaux entre lesquels existent tous les intermédiaires.

Le premier type nous est fourni par beaucoup d'*Hypnum* dont la tige aérienne repose simplement par sa base à la surface du sol. Dans ce cas, les modifications de structure que présente la portion basilaire de la tige sont très faibles : l'épiderme et l'hypoderme sont plus fortement cutinisés et il y a des rhizoïdes plus ou moins nombreux.

Le second type est bien représenté par le *Thyidium tamariscinum* dont

l'extrémité des tiges s'enracine au contact du sol à la manière des Ronces dont la biologie a été bien étudiée, à ce point de vue, par Gaston Bonnier et par M. Costantin. Les modifications de structure s'opèrent dans le même sens que précédemment, mais elles sont beaucoup plus accusées.

Le troisième type est réalisé chez les *Polytrichum* qui ont à la fois une tige horizontale toujours souterraine et une tige verticale en partie souterraine et en partie aérienne comme les Phanérogames vivaces à rhizome. C'est ici que les modifications sont les plus importantes, et nous savons, depuis les travaux de l'abbé Hy et de Bastit, que la structure de la tige verticale aérienne des Polytrics diffère à la fois de celle de la tige verticale souterraine et du rhizome. Ainsi chez le *Polytrichum formosum*, la coupe de la tige verticale aérienne est irrégulièrement arrondie et le cylindre central est peu développé; au contraire la coupe de la tige verticale souterraine, quoique de même taille, est nettement triangulaire, alors que celle de la tige horizontale souterraine ou rhizome est trois fois plus petite et a la forme d'un triangle dont les angles seraient arrondis; de plus, le cylindre central est ici très développé.

Or si nous examinons la structure anatomique des tiges de cette même espèce enterrée expérimentalement, nous voyons qu'elle est intermédiaire entre celle du rhizome et celle de la tige verticale souterraine. La coupe est triangulaire comme chez cette dernière sorte de tige, mais plus petite comme dans le cas du rhizome. De même le cylindre central présente une structure intermédiaire entre celle des deux sortes de tiges souterraines du *Polytrichum formosum* développé dans la nature.

Chez le *Mnium undulatum* qui est également une Mousse à rhizome, on observe les mêmes phénomènes.

Voici du reste les principales modifications que le milieu souterrain produit sur les Mousses lorsqu'on enterre expérimentalement les tiges feuillées normalement aériennes.

Le développement est notablement ralenti et les nouvelles tiges très grêles développées dans ce milieu ne sont plus jamais ramifiées. Elles portent des feuilles peu nombreuses, très espacées et appliquées, et sont, le plus souvent, garnies de rhizoïdes. De plus leur géotropisme est très atténué et elles contournent irrégulièrement les corps durs qu'elles rencontrent sur leur chemin comme le font les racines des plantes supérieures. Leur diamètre est au moins d'un tiers plus petit que normalement. D'une manière générale les tissus sont beaucoup moins différenciés. Ainsi l'hypo-

derme si caractéristique de l'*Aulacomnium palustre* est réduit à une seule assise de cellules à parois faiblement épaissies : parfois même il n'existe plus.

Les feuilles subissent une réduction d'un tiers en général et prennent une forme orbiculaire arrondie, analogue à celle que prennent les feuilles-écailles des *Mnium* ou des *Polytrichum* dans la nature. Les membranes sont très minces. La denticulation s'atténue et devient irrégulière. De même la marge des feuilles qui en sont naturellement pourvues a tendance à disparaître. Les lamelles si caractéristiques, et souvent *spécifiques*, des Polytrics n'existent plus. Les chloroplastes sont ponctiformes et, ordinairement même, ils ont disparu.

En général, les modifications sont d'autant plus importantes qu'elles se produisent chez des Mousses dont la structure naturelle est plus différenciée.

Je dois aussi faire remarquer l'analogie des modifications que présentent les Mousses enterrées expérimentalement avec celles que j'ai indiquées chez les Mousses développées à l'obscurité ou en atmosphère saturée. Le milieu souterrain agit à la fois par la suppression de la lumière, par l'élévation de l'état hygrométrique et par la constance de la température qui, dans les conditions où j'ai opéré, a toujours été égale à 13°.

Ces résultats complètent et terminent l'ensemble de mes recherches sur l'action du milieu physique sur les Mousses. Ils montrent que, de tous les végétaux étudiés jusqu'ici à ce point de vue, ce sont peut-être les Muscinées qui offrent les modifications les plus importantes puisqu'elles portent sur de nombreux caractères utilisés habituellement dans la distinction des espèces.

BOTANIQUE. — *Sur la présence d'un Cyprès dans les montagnes du Tassili des Azdjers (Sahara central).* Note (¹) de M. **L. Lavauden**, transmise par M. Ch. Flahault.

L'existence d'un Conifère dans les montagnes du Sahara central avait été admise par Grisebach (²) d'après les renseignements donnés par

(¹) Séance du 18 janvier 1926.

(²) Grisebach, *La Végétation du globe*, Trad. Tchihatcheff, **2**, 1878, p. 111.

Duveyrier et l'examen anatomique d'ustensiles en bois achetés par Tristam à des Touareg.

Mais ce Conifère n'avait été, jusqu'ici, ni vu, ni déterminé exactement. Duveyrier n'avait pas vu lui-même l'arbre dont il parlait; il supposait que c'était le *Thuya articulata* Desf. (*Callitris articulata* Mürbeck). D'après les renseignements des indigènes, consignés dans son Ouvrage (¹), cette essence aurait constitué une véritable forêt sur le versant sud du Tassili, entre Rhât et Djanet.

Pendant la traversée du Tassili, que nous avons effectuée, au début de 1925, avec la Mission Tunis-Tchad, nous avons pu, grâce aux indications de M. le capitaine Duprez, commandant l'annexe de Djanet, retrouver et identifier approximativement l'arbre en question, qui, dans la langue tamahec, porte le nom de *Tarout*.

Il s'agit, non pas du *Callitris articulata*, comme le pensait Duveyrier, mais d'un arbre que nous avons rapporté provisoirement au *Cupressus sempervirens* L. forma *horizontalis*.

Cette dernière essence était déjà connue de Tunisie (²), du Maroc (³), de Cyrénaïque (⁴) ainsi que des îles de la Méditerranée orientale, mais sa présence au cœur du Sahara était difficilement soupçonnable.

Cet arbre est d'ailleurs en voie de régression rapide. Duveyrier avait parlé d'une forêt importante, et il devait bien, en effet, en être ainsi, puisque tous les bois employés dans la construction des maisons des villes de Djanet et de Rhât en étaient tirés (⁵). De vieux indigènes, interrogés, nous ont dit qu'autrefois, du temps de leurs aïeux, les *Tarouts* étaient très nombreux, et couvraient toute la montagne. Il faut, évidemment, faire la part de l'exagération; mais on peut avoir la certitude qu'à une époque peu reculée, qui n'excède pas le XVIIᵉ siècle, une véritable forêt de Cyprès s'étendait sur le versant méridional du Tassili des Azdjers.

(¹) DUVEYRIER, *Les Touareg du Nord*, 1864, p. 210-211.

(²) TRABUT, *Le Cyprès spontané en Tunisie* (*Bull. Soc. bot. de Fr.*, 53, 1906, p. 80).

(³) WATIER, *Les Cupressinées dans le Maroc méridional* (*Bull. Stat. de Recherches forestières du Nord de l'Afrique*, Alger 1921, 1, fasc. 6, p. 223-225).

(⁴) FIORI, *L'Alpe*, janvier 1924, p. 11.

(⁵) Au temps du voyage de Duveyrier (1859-1860) Rhât, avec ses faubourgs, comptait six ou sept mille habitants. La population a augmenté pendant une vingtaine d'années. Elle ne dépasse guère, maintenant, quatre mille âmes. Djanet, aujourd'hui, compte douze cents habitants, et ne paraît pas en avoir jamais eu beaucoup plus.

Aujourd'hui cette forêt n'existe plus. Il n'en reste que quelques très vieux arbres isolés, dont plusieurs morts sur pied ; ces arbres ont le port tourmenté des vieux Genévriers de Phénicie. Ils atteignent une très grande taille. Duveyrier rapporte qu'au dire des indigènes, certains individus auraient mesuré 24 coudées de tour (soit environ 12^m, ce qui fait près de 4^m de diamètre). Les deux spécimens que nous avons vus ne contredisent pas essentiellement cette assertion. L'un, mort sur pied, dépassait $2^m,50$ de diamètre; l'autre vivant, atteignait $1^m,40$. Étant donné que la croissance des arbres, dans le Sahara, est d'une extrême lenteur, on peut concevoir l'antiquité de ces vénérables reliques végétales.

Nous avons laissé entendre que l'action de l'homme avait été l'un des facteurs de la destruction de cette forêt. Ce facteur n'a pas été le seul; cette forêt n'aurait pu ni se constituer, ni se perpétuer dans les conditions actuelles du climat saharien. Il ne pleut plus assez sur le Tassili pour permettre la germination normale et régulière des graines du *Tarout;* si quelques-unes peuvent germer à la faveur d'une année pluvieuse, les jeunes plants sont infailliblement tués par les sécheresses qui surviennent avant que leur système radiculaire ait eu le temps de se développer.

En fait, il n'y a aucune trace de semis naturels. Et l'on peut penser que les arbres, ainsi exposés à des conditions précaires, ont perdu leur fécondité, et ne produisent plus que des graines infertiles, comme il arrive aux Conifères des hautes Alpes, près de la limite de la végétation forestière.

La disparition de cette forêt est la preuve matérielle que le déséquilibre constaté aujourd'hui dans le Sahara entre les précipitations et l'évaporation s'est, depuis une date récente, accentué avec rapidité. Ce dessèchement accéléré est mis ici en lumière d'une manière particulièrement nette.

La découverte d'une forme de *Cupressus* au centre du Sahara a une certaine importance au point de vue de la Géographie botanique pure, puisque, sauf en Berbérie et en Abyssinie, on ne connaissait pas de Conifères en Afrique.

Mais elle a une importance plus grande encore au point de vue de l'histoire biologique du Sahara, puisqu'elle montre d'une façon irréfutable que, contrairement à l'avis de certains historiens, le désert était, à une époque récente, beaucoup moins désert qu'aujourd'hui. Cette aridité progressive, due au déséquilibre cité plus haut, montre qu'il y a eu, dans le Sahara, au cours même des temps historiques, sinon un changement de climat proprement dit, du moins une aggravation très importante des conditions biologiques, ce qui revient, pratiquement, au même.

PHYSIOLOGIE. — *Croissance et interactions alimentaires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La question de *qualité* a autant, sinon plus d'importance que la *quantité*, en matière d'alimentation.

Rappelons que, déjà en 1909, plusieurs expériences sur l'homme, considéré au repos ou au travail (exercice *constant*), nous avaient conduit à des faits intéressants, souvent vérifiés depuis, savoir :

Que la croissance, phénomène spécialement azoté, *est favorisée par les graisses et les hydrates de carbone bien plus que par les albuminoïdes, si, toutefois, on fait appel à un minimum de ces derniers.*

La signification de ces interactions alimentaires n'a pas été mise suffisamment en évidence. Or nous savons que la dépense de l'organisme est en partie cinétique; et qu'elle s'effectue aux frais des graisses — en cas de thermogenèse — et des hydrates de carbone, quant au travail musculaire. Ces deux catégories d'aliments sont *les plus économiques*, et nos cellules s'adressent à eux tout naturellement : *Loi du minimum*, loi naturelle, comme nous l'avions montré [1].

Dans ces conditions, les protides sont retenus par l'organisme, ne s'éliminent que dans une faible proportion, si les besoins en glucides et lipides sont satisfaits. Ils deviennent alors plastiques, constructifs, et assurent une meilleure croissance. Mendel et Lewis [2] ont vu, en 1913, qu'effectivement cette rétention azotée augmente à mesure que l'on élève la quantité d'hydrates de carbone alimentaires. Terroine et Mlle Mendler [3] viennent de confirmer, ajoutant ce qu'avait déjà noté Atwater, que cette dernière espèce d'aliments l'emporte très notablement sur les graisses.

Il est donc essentiel de ne pas voir dans la croissance un phénomène protéique, ainsi qu'il résultait de la vieille doctrine de Bunge. *La croissance est la différence entre les recettes et dépenses du corps ;* mais recettes et dépenses qui peuvent être diminuées de telle sorte que le rendement s'améliore sans dommage pour la résistance physiologique. Au contraire, la loi du mini-

---

(1) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 466.

(2) Mendel et Lewis, *Journal of Biological Chemistry*, **16**, 1913, p. 37.

(3) Terroine et Mlle Mendler, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 413. — Jules Amar, *Le moteur humain*, p. 312-313 (édit. 1923, chez Dunod).

mum permet d'épargner sur les substances albuminoïdes si onéreuses, à tous égards, et qu'une bonne hygiène déconseille d'absorber à l'excès. Les puériculteurs doivent s'inspirer de cette conclusion dans l'alimentation des enfants.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action préventive du bismuth dans la syphilis expérimentale du lapin*. Note de MM. **L. Fournier** et **A. Schwartz**, présentée par M. Roux.

L'action tréponémicide des composés insolubles de bismuth, injectés dans les muscles, est de longue durée ; aussi longtemps que le bismuth persiste en quantité suffisante pour permettre à l'organisme de former le produit actif [*Bismoxyl* (Levaditi et Nicolau)], cette action se manifeste de façon évidente. Aussi est-il possible de réaliser contre la syphilis expérimentale du lapin un véritable traitement préventif, en injectant une certaine quantité de bismuth dans les muscles de cet animal.

Déjà MM. Sazerac et Levaditi ont montré que l'inoculation du tréponème est négative chez les lapins qui reçoivent simultanément une injection bismuthique [1]. Kolle, en 1924 [2], infectant des lapins de 2 à 15 semaines après injections de diverses préparations bismuthiques, n'obtient aucun résultat positif, et cela tant que la radiographie montre un dépôt de bismuth dans les tissus. Toutefois Kolle ne pense pas pouvoir conclure de ses expériences que les animaux ont été réellement mis à l'abri de l'infection.

Les recherches que nous poursuivons depuis plus d'une année semblent cependant apporter la preuve que l'injection préalable de bismuth préserve complètement l'animal pendant une durée plus ou moins longue, suivant la nature et la quantité de produit bismuthique injecté.

Expérience. — 1° Deux lapins de même poids reçoivent, dans le muscle, trois injections de *Trépol* (0g,37 au total) en deux semaines; l'inoculation d'un tréponème d'origine humaine (mais ayant subi plusieurs passages chez le lapin, et donnant constamment un résultat positif chez les témoins), est pratiquée chez l'un, le premier, le cinquième et le huitième mois; chez l'autre, le deuxième, le sixième et le neuvième mois après l'injection bismuthique. Seules les inoculations effectuées

(1) Sazerac et Levaditi, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 128.
(2) Kolle, *Deut. med. Woch.*, 1924, n° 32, p. 1074.

le huitième et le neuvième mois ont été positives, alors que tous les témoins se sont infectés;

2° Deux animaux reçoivent dans le muscle deux injections de Trépol (0g,25 au total). Les inoculations ne sont devenues positives qu'après 5 mois et demi;

3° Deux lapins reçoivent l'un 0g,20, l'autre 0g,40 de bismuth métallique en une seule injection. Chez le premier, les inoculations pratiquées le jour même, après 3 mois et 4 mois et demi, sont restées négatives; chez le second, la prévention a été efficace jusqu'au cinquième mois;

4° Une dernière expérience, faite avec un produit bismuthique lipo-soluble, a montré que la prévention s'est maintenue au moins pendant 3 mois.

De ces faits il résulte que :

1° Les dérivés bismuthiques insolubles (Trépol), le bismuth métallique et certains composés lipo-solubles, administrés au lapin, par voie intra-musculaire, préservent l'animal d'une façon certaine contre l'infection syphilitique expérimentale;

2° L'état réfractaire, éprouvé par plusieurs inoculations successives, a varié de 3 mois (pour les sels solubles) à 6 mois (pour les dérivés insolubles). D'une façon générale, cette durée semble proportionnelle à la quantité de bismuth injecté et en rapport avec la nature du dérivé utilisé, les sels insolubles et le bismuth métallique paraissant garder plus longtemps leur efficacité;

3° *Le fait que nos animaux ont fini par contracter la syphilis montre bien qu'ils sont restés pendant de longs mois totalement à l'abri de l'infection.*

Ces résultats nous ont paru suffisants pour nous autoriser à commencer des essais analogues de prévention de la syphilis, par le bismuth, chez des sujets appartenant à des milieux où la contamination est fréquente et n'inspire pas assez de crainte.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1926 (*suite et fin*).

Atlas magnétique, publié sous la direction de CHARLES MAURAIN, avec la collaboration de L. EBLÉ, par Mme DE MADINHAC et Mlle HOMERY. Paris, Presses universitaires de France, 1925; 1 vol. 31cm. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

Souvenirs de la mission Savorgnan de Brazza, par GEORGES BROUSSEAU. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1925; 1 vol. 22cm,5.

Le quarantième anniversaire de l'Observatoire de Limoges, par PAUL GARRIGOU-LAGRANGE. Limoges, P. Dumont, 1925; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement, par JEAN REY. Paris, Dunod, 1925; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. A. Rateau.)

Mémorial des Sciences mathématiques. Fasc. VIII, *Introduction à la Gravifique einsteinienne*, par TH. DE DONDER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Publications du Bureau central séismologique international sous la direction de E. ROTHÉ. Série A : *Travaux scientifiques*. Fasc. 3 : *Tables de A. Mohorovicic*. Paris, Presses universitaires de France, 1925; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Metallurgy and its Influence on Modern Progress, by ROBERT A. HADFIELD. London, Chapman and Hall, 1925; 1 vol. 25cm.

Cours de thermodynamique à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique, par G. BRUHAT. Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. Cotton.)

L'Année psychologique, publiée par HENRI PIÉRON. Paris, Félix Alcan, 1925; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Félix Henneguy.)

ERRATA.

(Séance du 4 janvier 1926.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Quelques généralisations des théorèmes sur les séries qui admettent des lacunes :

Page 38, ligne 4 en remontant, *au lieu de* $\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i} \geqq K$, *lire* $\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i} > K$.

(Séance du 1er février 1926.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Les membres transcendants et les fonctions analytiques :

Page 306, formule (I), *au lieu de*

$$c_0 = M_0, \quad c_1 = M_1, \quad \ldots, \quad c_p K^p = M_p,$$

lire

$$c_0 = M_0, \quad c_1 K = M_1, \quad \ldots, \quad c_{2p} K^{2p} = M_{2p}.$$

(Séance du 8 février 1926.)

Note de M. *Émile Haug*, Fossiles du Lias moyen recueillis par la mission Charcot au cap Stewart (terre de Jameson, Grœnland oriental) :

Page 355, ligne 2 en remontant, *au lieu de* 30°, *lire* 10°; ligne 4 en remontant, *au lieu de* 38e, *lire* 58e.

Note de MM. *André Kling* et *Daniel Florentin*, Sur l'hydrogénation des substances organiques à haute température et sous pression élevée :

Page 389, ligne 9, *au lieu de* la production de composés isolés intermédiaires, *lire* la production de composés iodés intermédiaires.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 28 février 1926, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Georges Perrier** pour occuper, dans la Section de Géographie et Navigation, la place vacante par le décès de M. *L. Gentil.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Georges Perrier** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Il y a moins de trois mois, le 7 décembre 1925, notre Académie, d'un vote unanime, accueillait un nouvel associé étranger, le grand maître de la science du froid, **Kamerlingh Onnes**, qui, depuis 1920, lui appartenait déjà comme Correspondant pour la Section de Physique.

Aujourd'hui, j'ai la pénible mission d'adresser, en votre nom, un dernier hommage à sa mémoire. Il vient de s'éteindre à Leyde, le 21 février.

Né en 1853, à Groningen (Pays-Bas), Kamerlingh Onnes étudie d'abord la Physique avec Bosscha, puis dans le Laboratoire de Kirchhoff, en compagnie de notre ancien confrère Gabriel Lippmann.

Docteur en 1879, il généralise la loi de Van der Waals sur les états correspondants.

Professeur à Leyde en 1882, il organise un laboratoire de Physique, qui deviendra plus tard célèbre dans le monde entier.

Avec des machines Raoul Pictet, opérant sur trois cycles en cascades : l'un à chlorure de méthyle, le second à éthylène, le troisième à oxygène, il obtient une véritable production industrielle d'air liquide et réalise, pour l'étude des phénomènes physiques, des *cryostats* dans lesquels, en faisant varier la pression du gaz liquéfié, on peut à volonté obtenir et maintenir constante une température quelconque, comprise entre la température ordinaire et celle de l'air liquide.

Avec ces appareils, on peut facilement liquéfier l'azote et, en faisant au-dessus un vide partiel, abaisser la température à — 200°C. A ce point, une légère détente suffit pour liquéfier à son tour l'hydrogène et même, en y ajoutant l'action du vide, pour le solidifier à la température de — 259°C.

Dans le laboratoire ainsi créé par Kamerlingh Onnes, les travaux et les découvertes retentissantes se multiplient désormais. En 1908, il parvient à liquéfier l'hélium, dont la température critique n'est que de 5° au-dessus du zéro absolu. L'ébullition du liquide, même à la très faible pression de $\frac{1}{100}$ de millimètre de mercure, ne réussit pas à le solidifier; mais elle en fait descendre de 4° encore la température, soit à 1° absolu, chiffre le plus bas qui ait jamais été atteint.

En comprimant, jusqu'à le liquéfier partiellement, un mélange convenable d'hélium et d'un autre gaz, Kamerlingh Onnes obtient d'autre part ce résultat paradoxal : une nappe liquide flottant sur une couche de gaz plus dense que lui.

La découverte des corps *supra conducteurs* vaut en 1913, à Kamerlingh Onnes, le prix Nobel de Physique. Rappelons en quoi elle consiste.

La résistance électrique des métaux diminue, on le sait, avec la température. Kamerlingh Onnes a montré que, pour certains d'entre eux à l'état pur, comme le mercure par exemple, cette résistance, après une chute progressive, tombe, à un moment donné, brusquement, jusqu'à devenir pratiquement nulle. Le métal peut alors, sans échauffement appréciable, être traversé par des courants très intenses, atteignant jusqu'à 1200 ampères par millimètre carré. Et même, en circuit fermé, le courant, une fois établi, persiste longtemps encore après la disparition de la cause qui l'a engendré. Ceci est venu apporter une remarquable confirmation à des idées émises autrefois par Lippmann, dans un mémoire peu connu, relatif aux singulières propriétés que présenteraient des corps dépourvus de résistance électrique.

La mort de Kamerlingh Onnes est une grande perte pour la Science. En particulier, elle sera vivement ressentie par les nombreux savants

français, au premier rang desquels il faut citer notre correspondant, M. Mathias, auxquels, en maintes circonstances, il avait offert, dans son laboratoire, la plus large hospitalité.

Par ma voix, l'Académie s'associe au deuil de sa patrie, de sa famille et de ses amis.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Frank Lillie**, Membre de l'Académie nationale des États-Unis, professeur de Biologie et directeur du Laboratoire Woods'Hale à l'Université de Chicago.

M. **Georges Urbain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Albert Ranc**, intitulé : *Le Budget du Personnel des Recherches scientifiques en France*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par 46 suffrages contre 4 à M. *Émile Forgue* et 1 à M. *Émile Abélous*, M. **Léon Frédéricq** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *J. Bergonié*, décédé.

NOMINATIONS.

M. **P. Sabatier**, conjointement avec M. **Moureu** et M. **Matignon** déjà désignés, représentera l'Académie au deuxième *Congrès national de Chimie pure et appliquée* qui se tiendra à Palerme en mars 1926.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1926, ouvert en la séance du 22 février, est clos en celle du 1er mars.

45 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Bordin, Poncelet, Francœur.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Kœnigs.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Fourneyron, de Parville, fondation Bazin.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Goursat.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Damoiseau, Valz, Janssen, Guzman, La Caille, fondation Antoinette Janssen.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Cotton.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau, Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Termier.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Lebesgue.

VI. Physique : *Prix La Caze, Hébert, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, La Caze, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Fontannes.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, De Launay, Depéret, Haug, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Mangin.

IX. Physique du Globe : *Prix Raulin.* — MM. Deslandres, A. Lacroix, Bigourdan, Hamy, Lallemand, Puiseux, Bourgeois.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Branly, Brillouin.

X. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy.* — MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Flahault, Bertrand.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny, prix Thore.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Richet.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Charles Mayer.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Leclainche, Desgrez.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, La Caze, Pourat, Martin-Damourette, Philipeaux, Emden.* — MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Molliard.

XIV. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

XV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Lecornu, Lecomte, Borel, d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Lebesgue.

XVI. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Berthelot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Richet, Borel.

XVII. Ouvrages de science : *Prix Henri de Parville.* — MM. Émile Picard, Appell, A. Lacroix, Barrois, Lallemand, Moureu, Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Breton.

XVIII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Poincaré.* — MM. Émile Picard, A. Lacroix, Barrois, Lallemand.

XIX. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont,*

Gegner, Hirn, Becquerel. — MM. Émile Picard, Appell, Guignard, A. Lacroix, Barrois, Lallemand.

XX. *Prix fondé par l'État :* Grand Prix des sciences mathématiques. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Lebesgue.

XXI. *Prix Bordin.* — MM. Guignard, Roux, Bouvier, Schlœsing, A. Lacroix, Douvillé, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Molliard.

XXII. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Vincent.

XXIII. *Prix Serres.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Quénu, Leclainche.

XXIV. *Prix Vaillant.* — MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, Termier, Moureu, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Douvillé.

XXV. *Prix Jean Reynaud.* — MM. Émile Picard, d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Lindet, Breton, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Borel.

XXVI. *Prix du baron de Joest.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Vieille, Borel, Lecornu, d'Ocagne.

On obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Goursat, Lebesgue.

XXVII. *Prix Houllevigue.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Lecornu, Brillouin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, d'Ocagne.

XXVIII. *Prix Saintour.* — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Marchal, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Mangin.

XXIX. *Prix Jules Mahyer.* — MM. Émile Picard, Appell, Deslandres, Lecornu, Kœnigs, Goursat, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bigourdan, Fichot.

XXX. *Prix Lonchampt*. — MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Marchal, Mesnil.

XXXI. *Prix Wilde*. — MM. Boussinesq, Emile Picard, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu le plus de suffrages : MM. Hamy, Puiseux.

XXXII. *Prix Caméré*. — MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager, d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Séjourné.

XXXIII. *Fondation Jérôme Ponti*. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Villard, Lecornu, Kœnigs.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, d'Ocagne.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Weiss** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante par le décès de M. *Wilfrid Kilian*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° C. Frionnet. *Les Oiseaux de la Haute-Marne. Première Partie :* Oscines, Strisores, Brachypodes, Pici, Striges, Raptatores.

2° P. Job. *Les méthodes physiques appliquées à la Chimie*. (Présenté par M. G. Urbain.)

Mlle **Fernande Coupin** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le domaine d'existence d'une fonction implicite définie par une relation entière* $G(x, y) = 0$. Note de M. **Gaston Julia**.

Si $G(x, y) = 0$ est une fonction entière de (x, y), linéaire en x, le théorème de M. Picard prouve qu'il existe au plus deux points du plan x non recouverts par la surface de Riemann R_x sur laquelle $y(x)$ est uniforme. M. Remoundos a étudié le cas où G est un polynome en x à coefficients fonctions entières de y.

Considérons ici le cas où G est fonction entière transcendante de x et y et étudions les points x pour lesquels $y(x)$ n'est pas définie, c'est-à-dire pour lesquels l'équation en y $G(x, y) = 0$ n'a pas de racine finie. Ces points x forment un ensemble E fermé.

1. E *peut contenir une infinité dénombrable de points.* — Soient x_i une suite de points $[|x_i| > |x_{i-1}|]$ ayant pour limite l'infini, $F(x)$ un produit de facteurs primaires ayant pour zéros les points x_i. On pose

$$F_i(x) = \frac{1}{F'(x_i)} \frac{F(x)}{x - x_i} \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, \infty).$$

Soient $\Phi_0(y)$ une fonction entière de y ayant une infinité de zéros distincts et $\Phi_i(y) = e^{\varphi_i(y)}$ $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$ des fonctions entières sans zéros; la fonction entière

$$G(x, y) = F_0(x)\,\Phi_0(y) + \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i F_i(x)\,\Phi_i(y)$$

se réduit à Φ_0 pour $x = x_0$ et à $\alpha_i \Phi_i$ pour $x = x_i$.

Les constantes α_i sont choisies de manière que la série converge uniformément et absolument dans $|x| \leq r$, $|y| \leq R$ quels que soient r et R. Pour cela il suffit que la série de terme général $\frac{|\alpha_i|\,\mu_i(R_i)}{|F'(x_i)|}$, [où R_i désigne une suite positive quelconque croissant vers l'infini] soit convergente; $\mu_i(R)$ est le maximum de $|\Phi_i(y)|$ pour $|y| \leq R$.

Pour $x = x_0$, $y(x)$ a une infinité de déterminations, et l'ensemble E relatif à $y(x)$ comprend tous les x_i $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$.

2. *Si x tend vers un point frontière ξ de R_x, en suivant une ligne de Jordan intérieure à R_x, $y(x)$ tend vers l'infini.* — [On suppose que le point frontière ξ est *accessible*, et qu'il est le seul point limite du chemin de

Jordan suivi par x]. On le prouve en montrant que si le prolongement de $y(x)$ peut se faire jusqu'en un point ξ, $y(x)$ tend ou bien vers une racine η de $G(\xi, \eta) = 0$ ou bien vers l'infini. Dans le premier cas, ξ est point ordinaire ou critique algébrique de la détermination suivie de $y(x)$, donc point intérieur à R_x; dans le deuxième cas, ξ est point frontière de R_x. En ce sens on peut dire que *les points frontière accessibles de* R_x *sont les valeurs asymptotiques de la fonction* $x(y)$, quand y tend vers l'infini par des chemins convenables sur la surface de Riemann R_y.

3. *On en déduit que* R_x *ne peut laisser à découvert un continu du plan* x. — Car $Y(x) = [y(x)]^{-1}$, analytique et uniforme sur R_x, tendrait vers zéro sur toute ligne de Jordan de R_x aboutissant à un point accessible de la frontière de R_x, laquelle comprendrait un continu. Cela est impossible si $Y(x)$ n'est pas identiquement nulle.

L'ensemble E *ne peut donc pas contenir un continuum de valeurs* x.

4. *L'ensemble* $\mathcal{E}$ *des points* x *où* $y(x)$ *n'a qu'un nombre fini de déterminations* et en particulier celui $\mathcal{E}'$ des points x où $G(x, y) = 0$ se réduit à un polynome en y peut être un *ensemble dénombrable quelconque partout dense dans le plan* x. On le verra en prenant un *ensemble dénombrable* x_n *quelconque*, formant les polynomes $g_i(x) = a_i(x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_i)$, dont les constantes a_i peuvent être choisies telles que la série $\Sigma g_k(x) y^k$ converge absolument et uniformément dans $|x| \leqq r$, $|y| \leqq R$ quels que soient r et R; en désignant par $M_n(r)$ le maximum de $|g_n(r)|$ sur $|x| = r$ et par r_n une suite de rayons croissant vers l'infini, il suffira d'avoir

$$\lim_{n=\infty} |a_n|^{\frac{1}{n}} |M_n(r_n)|^{\frac{1}{n}} = 0$$

pour réaliser la convergence précédente. La fonction $y(x)$ définie par

$$G(x, y) = \Sigma g_k(x) y^k = 0$$

aura, pour $x = x_n$, $n - 1$ déterminations finies et ce nombre devient infini avec n. La surface de Riemann R_x sur laquelle $y(x)$ est uniforme a bien une infinité de feuillets et elle a des points frontière qui se projettent suivant les points x_n. Si les x_n sont partout denses dans le plan x, on voit que *tout point du plan est projection d'un point frontière de* R_x pour la fonction $y(x)$ considérée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une représentation géométrique de quelques transformations d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. **H. Krebs**, présentée par M. Goursat.

M. Goursat a montré que l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} - \frac{1}{2}\frac{\partial \log \lambda(u, v)}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v} - \lambda(u, v)x = 0 \tag{1}$$

possède des propriétés très semblables à celles de l'équation de Moutard. Les suites de Laplace correspondant aux équations (1) intégrables comprennent un nombre pair d'équations et sont telles que deux équations situées à égale distance des extrêmes ont les mêmes invariants à l'ordre près. Si x_1 est une intégrale quelconque de l'équation (1) et que l'on pose

$$z_1 = \int x_1^2\, du + \frac{1}{\lambda}\left(\frac{\partial x_1}{\partial v}\right)^2 dv, \tag{2}$$

l'équation (1) donne la transformation

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial u}\frac{z_1 \omega}{x_1} = z_1 \frac{\partial}{\partial u}\frac{x}{x_1}, \\ &\frac{\partial}{\partial v}\frac{z_1 \omega}{x_1} = \left(z_1 - \frac{1}{\lambda}x_1\frac{\partial x_1}{\partial v}\right)\frac{\partial}{\partial v}\frac{x}{x_1}. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

L'équation à laquelle satisfait ω s'obtient en remplaçant dans l'équation (1), dans laquelle λ a été exprimée en fonction de z_1 au moyen de la relation (2), z_1 par $\frac{1}{z_1}$.

Considérons la droite yz passant par le point x d'une congruence conjuguée au réseau déterminé par l'équation (1). Les relations donnant les foyers y et z de la droite yz peuvent être mises sous la forme

$$\frac{1}{\lambda}z_1\frac{\partial x_1}{\partial v}\omega = z_1 z - \left(z_1 - \frac{1}{\lambda}x_1\frac{\partial x_1}{\partial v}\right)y, \tag{4}$$

$$\frac{1}{\lambda}\frac{\partial x_1}{\partial v}x = y - z. \tag{5}$$

Le rapport anharmonique des points ω, x, y et z est égal au rapport des coefficients de $\frac{\partial}{\partial u}\frac{x}{x_1}$ et de $\frac{\partial}{\partial v}\frac{x}{x_1}$ de la transformation de M. Goursat. Nous avons donc le théorème :

« Si l'on prend pour rapport anharmonique le rapport des coefficients de $\frac{\partial}{\partial u}\frac{x}{x_1}$ et de $\frac{\partial}{\partial v}\frac{x}{x_1}$ de la transformation de M. Goursat (3), le conjugué anharmonique d'un point du réseau défini par l'équation (1) par rapport aux foyers de la droite d'une congruence conjuguée à ce réseau décrit un réseau satisfaisant à l'équation obtenue en remplaçant dans l'équation (1), dans laquelle la fonction $\lambda(u, v)$ est exprimée en fonction de z_1 au moyen de la relation (2), z_1 par $\frac{1}{z_1}$. »

La représentation géométrique de la transformation de M. Goursat obtenue est donc très semblable à celle qu'a donné M. Kœnigs de la transformation de Moutard.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des fonctions méromorphes à valeur asymptotique.* Note de M. **H. Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans un récent Mémoire (¹), j'ai établi une propriété générale des fonctions méromorphes à valeur asymptotique. Je me propose d'apporter ici une précision nouvelle à cette propriété.

Soit $\varphi(z)$ une fonction méromorphe possédant une valeur asymptotique, par exemple la valeur zéro. Désignons par $m(r)$ une fonction de $|z| = r$, tendant vers zéro avec $\frac{1}{r}$, en restant décroissante, et constamment supérieure à la valeur correspondante de $|\varphi(z)|$, sur le chemin L de détermination zéro.

Construisons une couronne circulaire Γ dont les cercles frontières $|z| = R$ et $|z| = R'$ satisfait aux conditions suivantes :

$$(1)\qquad RR' = r^2,\qquad e^{-10\frac{R}{R'-R}} > 1 - \rho \geqq \frac{k_1}{\sqrt{\log\frac{1}{m(r)}}}.$$

J'ai démontré que *dans la couronne* Γ *la fonction* $\varphi(z)$ *satisfait nécessairement à l'une des deux propriétés suivantes :*

(¹) H. Milloux, *Sur le théorème de Picard* (*Bull. de la Soc. Math.*, 53, fasc. 3 et 4, 1925, p. 181).

A. *Dans une certaine couronne circulaire intérieure à* Γ, *et contenant le cercle* $|z| = r$, *on a l'inégalité*

$$\log|\varphi(z)| < -k(1-\rho)\log\frac{1}{m(r)}. \tag{2}$$

B. *Il existe, à l'intérieur de* Γ, *un cercle* $C(r)$ *appelé cercle de remplissage. Le rayon* r_1 *de ce cercle est inférieur à*

$$2(R'-R)(1-\rho)\,e^{\frac{5R}{R'-R}}.$$

Si l'on fait la représentation, sur une sphère S, *des valeurs que prend la fonction* $Z = \varphi(z)$, *on obtient, pour les valeurs de la fonction dans le cercle de remplissage* $C(r)$, *toute la sphère* S, *à l'exception peut-être de certaines valeurs comprises à l'intérieur de deux petits cercles de rayons.*

$$e^{-k_2(1-\rho)\log\frac{1}{m(r)}}.$$

Les quantités k, k_1 et k_2 sont des constantes *numériques*; la proposition précédente est valable dès que $\frac{R}{R'-R}$ dépasse une constante *numérique* λ.

2. Les inégalités (1) laissent un certain arbitraire dans le choix de R, R' et ρ; ε étant un nombre positif inférieur à un, choisissons

$$e^{-\frac{10}{\varepsilon}\frac{R}{R'-R}} = 1-\rho = \frac{k_1}{\sqrt{\log\frac{1}{m(r)}}}. \tag{3}$$

La condition d'application de la proposition précédente devient

$$\log\frac{1}{m(r)} > \varepsilon^{\frac{10\lambda}{\varepsilon}} = A(\varepsilon).$$

Étudions la fonction $\varphi(z)$ dans le cercle de remplissage $C(r)$, comme précédemment dans le cercle $|z| = r$ et la couronne Γ : nous établissons ainsi l'existence d'un second cercle de remplissage $C_2(r)$ intérieur à $C(r)$. Poursuivons l'étude de la fonction dans ce cercle, et ainsi de suite.

Le rayon du $p^{\text{ième}}$ cercle de remplissage C_p est déterminé par les formules de récurrence

$$r_p = \frac{r_{p-1}}{\log\frac{1}{m_{p-1}(r)}},$$

$$\log\frac{1}{m_{p-1}(r)} = \left[\log\frac{1}{m_{p-2}(r)}\right]^{\frac{1}{2}\left(1-\frac{\varepsilon}{2}\right)}.$$

Nous pouvons continuer tant que le premier membre de cette dernière équation est supérieur à $A(\varepsilon)$. Désignons par P la valeur limite de p, et arrêtons-nous à $\frac{P}{2}$. Nous obtenons la propriété générale suivante, qui se substitue à la propriété B.

B'. *Dans la couronne circulaire* Γ, *précisée par les égalités* (3), *et dès que* $m(r)$ *est suffisamment petit par rapport à* ε, *il existe un cercle de remplissage* $\rho(r)$. *Le rayon de ce cercle est inférieur à*

$$\frac{r}{\left[\log \frac{1}{m(r)}\right]^{1-2\varepsilon}}.$$

Si l'on fait, sur une sphère S, *la représentation des valeurs que prend la fonction* $\varphi(z)$, *on obtient pour les valeurs prises par la fonction dans le cercle* $\rho(r)$, *toute la sphère* S, *à l'exception peut-être de certaines valeurs comprises à l'intérieur de deux petits cercles de rayons*

$$e^{-kc\sqrt{\log\log \frac{1}{m(r)}}}.$$

Dans le cas d'une fonction entière, on remplace $\frac{1}{m(r)}$ par le maximum du module de la fonction $f(z)$ sur le cercle $|z| = r$.

3. La formule du rayon du cercle de remplissage paraît assez précise; on ne peut songer à annuler l'exposant arbitrairement petit ε. C'est ce que montre l'exemple de la fonction e^z; le rayon du cercle de remplissage serait alors égal à un. Or, à l'intérieur de tout cercle de rayon un, le module de e^z varie entre d'étroites limites, et un tel cercle ne peut être considéré comme cercle de remplissage.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de l'intégration des suites de fonctions sommables terme à terme.* Note [1] de M. **A. Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de cette Note est de démontrer une condition nécessaire et suffisante de l'intégration, au sens de M. Lebesgue et de M. Denjoy, des suites de fonctions sommables (qui convergent vers des fonctions limites).

---

[1] Séance du 22 février 1926.

Soit

$$(1) \qquad f_1(x), f_2(x), f_3(x), \ldots \qquad (a \leqq x \leqq b),$$

une suite de fonctions sommables qui converge vers $f(x)$ sur (a, b).

La condition la plus générale (connue) pour pouvoir intégrer la suite (1) terme à terme est la suivante. Quel que soit $\varepsilon > 0$ il est possible de trouver $\sigma > 0$ tel que $\left|\int_E f_n(\alpha)\,d\alpha\right| < \varepsilon$ pour mes $E < \sigma$ [1].

Cette condition est suffisante mais non nécessaire. Nous avons démontré une condition nécessaire et suffisante.

1° Soit

$$(2) \qquad \mathfrak{z}(E) = \lim_{n=\infty} \int_E f_n(\alpha)\,d\alpha \ldots$$

une fonction absolument continue de l'ensemble E, situé sur (a, b). Comme $\mathfrak{z}(E)$ est une fonction limite d'une suite de fonctions absolument continues et additives, alors, à cause d'un théorème que nous avons démontré [2], $\mathfrak{z}(E)$ est une fonction additive, c'est-à-dire ($E_1 E_2 E_3 \ldots$ n'ayant pas de points communs) :

$$(3) \qquad \mathfrak{z}(E_1 + E_2 + E_3 + \ldots) = \mathfrak{z}(E_1) + \mathfrak{z}(E_2) + \ldots,$$

il est possible de trouver une fonction sommable $\varphi(x)$ telle que

$$\mathfrak{z}(E) = \int_E \varphi(\alpha)\,d\alpha.$$

A cause d'un théorème de M. Egoroff [3] et d'un corollaire de M. Lusin [4] il est possible de trouver une suite d'ensembles parfaits : $P_1, P_2, P_3, \ldots$ (sans points communs) $\left\{\sum_1^\infty \text{mes}\, P_i = b - a\right\}$ de telle sorte que sur chaque ensemble P_i la suite (1) converge uniformément.

Donc, sur P_i, la suite (1) est intégrable terme à terme, c'est-à-dire

$$\lim_{n=\infty} \int_{P_i} f_n(\alpha)\,d\alpha = \int f(\alpha)\,d\alpha.$$

---

(1) VALLÉE POUSSIN, *Cours d'Analyse infinitésimale*, Chap. VII.

(2) *Proceedings of the Mathematical Laboratory of the Crimen University*, 3, 1921, p. 96.

(3) EGOROFF, *Sur les suites des fonctions mesurables* (*Comptes rendus*, 152, 1911, p. 244).

(4) LUSIN, *L'intégrale et la série trigonométrique*, p. 20 (thèse russe).

Mais

$$\lim_{n=\infty}\int_{P_i} f_n(\alpha)\,d\alpha = \delta(P_i) = \int_{P_i}\varphi(\alpha)\,d\alpha,$$

par suite

$$\int_{P_i} f(\alpha)\,d\alpha = \int_{P_i}\varphi(\alpha)\,d\alpha, \qquad \text{d'où} \qquad f(x)=\varphi(x)$$

presque partout sur P_i ($i = 1, 2, 3, \ldots$), donc presque partout sur (a, b).

Par suite $f(x)$ est sommable et de plus

$$(4) \qquad \lim_{n=\infty}\int_{E} f_n(\alpha)\,d\alpha = \int_{E} f(\alpha)\,d\alpha.$$

La condition (1) étant suffisante est aussi nécessaire, ce qui est évident.

2. Soit en second lieu $\lim\limits_{n=\infty}\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha$ une fonction qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale de M. Denjoy. Donc, il existe une fonction $\varphi(x)$ telle que

$$(5) \qquad \lim_{n=\infty}\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathfrak{D})\int_a^x \varphi(\alpha)\,d\alpha.$$

Suivons la marche du calcul de l'intégrale de M. Denjoy. Soit F l'ensemble où $\varphi(x)$ est non sommable, F est fermé. Soient $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots$ les intervalles contigus à F. En calculant $\int\varphi(x)\,dx$ pour δ' où l'intervalle δ' prend toutes les positions possibles dans $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots$, nous avons

$$\int_{\delta'}\varphi(\alpha)\,d\alpha = \int_{\delta'} f(\alpha)\,d\alpha,$$

car $\varphi(x)$ est sommable sur δ' (premier cas).

Donc $f(x) = \varphi(x)$ presque partout sur $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots$. Nous continuons ensuite de chercher l'ensemble F_1 sur F où $\varphi(x)$ est non sommable et nous prouvons que $f(x) = \varphi(x)$ presque partout sur $F - F_1$ et ainsi de suite.

Donc

$$(6) \qquad \lim_{n=\infty}\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathrm{D})\int_a^x f(\alpha)\,d\alpha\ldots.$$

Ces deux résultats peuvent être généralisés pour les suites de fonctions qui convergent « en mesure ». Nous avons ainsi le théorème suivant :

Théorème. — *Si la suite* (1) *converge en mesure vers* $f(x)$ *et si*

$$\lim_{n=\infty}(\mathrm{L})\int_a^x f^n(\alpha)\,d\alpha$$

est une fonction qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale de Lebesgue ou Denjoy), alors $f(x)$ est intégrable $\binom{L}{D}$ et

$$\lim_{n=\infty} (L)\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = \binom{L}{D}\int_a^x f(\alpha)\,d\alpha$$

et vice versa.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *La déviation non holonome.* Note [1] de M. **Edgar-B. Schieldrop**, transmise par M. Paul Appell.

Écrivons le déplacement virtuel le plus général d'un système matériel sous la forme condensée

$$\delta x = a_1\,\delta q_1 - a_2\,\delta q_2 + \ldots + a_n\,\delta q_n \qquad [a_i = a_i(q_1, q_2, \ldots, q_n)].$$

Pendant dt, un mouvement *réel* réalise *simultanément* les variations paramétriques $\Delta q_i = \dot{q}_i\,dt + \frac{1}{2}\ddot{q}_i\,dt^2 + \ldots$ et amène le système de P à P_1. Les mêmes variations Δq_i, effectuées *successivement* dans l'ordre 1, 2, ..., n, l'amènent à P_2, et l'on a (termes du 2e ordre seulement)

$$(1)\qquad x_{P_2} - x_{P_1} = \frac{1}{2}\underset{1,2,\ldots,n}{\mathrm{S}}\left(\frac{\partial a_k}{\partial q_i} - \frac{\partial a_i}{\partial q_k}\right)\dot{q}_i\dot{q}_k\,dt^2 = \frac{1}{2}\underset{1,2,\ldots,n}{\mathrm{S}} A^{ik}\dot{q}_i\dot{q}_k\,dt^2 \equiv \underset{1,2,\ldots,n}{D},$$

où

$$\underset{1,2,\ldots,n}{\mathrm{S}} A^{ik}\dot{q}_i\dot{q}_k = A^{11}\dot{q}_1\dot{q}_1 + A^{12}\dot{q}_1\dot{q}_2 + \ldots + A^{1n}\dot{q}_1\dot{q}_n + A^{22}\dot{q}_2\dot{q}_2 + \ldots + A^{2n}\dot{q}_2\dot{q}_n + \ldots + A^{nn}\dot{q}_n\dot{q}_n.$$

J'appelle $\underset{1,2,\ldots,n}{D}$, qui disparaît pour les systèmes holonomes, *la déviation (non holonome) appartenant à l'ordre* 1, 2, ..., n *des variations paramétriques*. La déviation est nulle, par définition, pour le mouvement réel (variation simultanée). Si l'on fait subsister la simultanéité pour toutes les variations, sauf Δq_1; si l'on effectue d'abord la variation Δq_1 et toutes les autres (Δq_2, ..., Δq_n), *simultanément* ensuite {déplacement désigné par $[\Delta q_1(\Delta q_2, \ldots, \Delta q_n)]$}, on arrive à P_3, et il devient

$$(2)\qquad x_{P_3} - x_{P_1} = \frac{1}{2}(A^{11}\dot{q}_1\dot{q}_1 + A^{12}\dot{q}_1\dot{q}_2 + \ldots + A^{1n}\dot{q}_1\dot{q}_n)\,dt^2 \equiv d_1,$$

qui va être appelée *la déviation appartenant au paramètre* q_1.

[1] Séance du 22 février 1926.

Les déviations peuvent être établies sans avoir recours au mouvement réel. Si, à partir de la position initiale P, on effectue d'abord le déplacement $[\Delta q_1(\Delta q_2, \ldots, \Delta q_n)]$ au-dessus et ensuite le déplacement inverse $[-\Delta q_1(-\Delta q_2, \ldots, -\Delta q_n)]$, on arrive à P′, et

(3) $$x_{P'} - x_P = 2 d_1.$$

Pour arriver à une notion finie plus précise, j'appelle *accélération de déviation appartenant à* q_1 (désignée symboliquement par $\ddot{d}_1$) la quantité

$$\ddot{d} = \frac{2 d_1}{dt^2} = A^{11} \dot{q}_1 \dot{q}_1 + A^{12} \dot{q}_1 \dot{q}_2 + \ldots + A^{1n} \dot{q}_1 \dot{q}_n.$$

De cette dernière notion on dérive celle de *l'effet de déviation appartenant au paramètre* q_1

$$E_1^d = \Sigma m \ddot{x} \ddot{d}_1.$$

L'importance de la théorie de la déviation non holonome est due à l'existence du théorème suivant :

Si L_i *est l'opérateur de Lagrange, l'équation cinétique*

$$\sum_i L_i \dot{q}_i = \sum_i Q_i \dot{q}_i$$

a lieu pendant tout le mouvement pour tous les systèmes matériels aux liaisons, indépendant du temps. Or, les équations partielles

$$L_i \dot{q}_i = Q_i \dot{q}_i$$

ne s'appliquent que pour les systèmes SANS EFFET DE DÉVIATION. *Pour les autres, il faut ajouter à l'effet* $L_i \dot{q}_i$ *l'effet de déviation, de manière que l'on ait*

$$L_i \dot{q}_i + E_i^d = Q_i \dot{q}_i.$$

La théorie de la déviation nous permet d'introduire deux classifications non coïncidantes pour les systèmes matériels :

1° *Systèmes sans et systèmes avec accélération de déviation.* — Ces deux classes coïncident avec les classes des systèmes holonomes et non holonomes.

2° *Systèmes sans et systèmes avec effet de déviation.* — La classe des systèmes sans effet de déviation embrasse tout le domaine d'applicabilité des équations de Lagrange. A l'aide de certaines formules de transformations linéaires et homogènes, faciles à établir, on peut démontrer à ce sujet le théorème suivant :

La propriété d'être sans effet de déviation, ou, ce qui revient au même, d'admettre l'application des équations de Lagrange à tous les paramètres, est une propriété intrinsèque du système matériel, indépendant du choix des paramètres.

Applications. — L'accélération de déviation, $\ddot{d}_1$ est un ensemble de vecteurs, un vecteur à chaque point du système. Pour les déterminer dans les applications, les calculs analytiques peuvent très souvent être remplacés par des opérations géométriques très simples et intuitives. L'évaluation des effets de déviations se simplifie beaucoup en tenant compte d'un théorème analogue au théorème de Kœnig :

L'effet de déviation d'un système matériel est égal à celui du centre de gravité, chargé de la masse totale, augmenté de l'effet calculé dans le mouvement relatif autour du centre de gravité.

On rencontre souvent dans les applications une classe de systèmes matériels que j'ai appelés *systèmes intérieurement holonomes*, dont le cerceau fournit un exemple, et pour lesquels les calculs se simplifient encore plus. Pour ces systèmes, l'effet de déviation du mouvement relatif disparaît.

Pour résumer, par la théorie de la déviation on peut :

1° Se rendre compte, d'une manière souvent très simple et intuitive, si les équations de Lagrange s'appliquent, ou

2° Dans le cas contraire, déterminer les termes supplémentaires, E_i^d, par des considérations cinématiques très simples.

Un Mémoire détaillé paraîtra prochainement.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'interprétation géométrique de la méthode de Jacobi dans le cas d'un point de masse variable.* Note de M. **R. Dugas**, présentée par M. L. Lecornu.

Considérons un point de coordonnées x_1, x_2, x_3, de masse m variable avec sa force vive généralisée $2T$. Soient $ds^2 = g_{ik}\,dx_i\,dx_k$ (¹) l'élément linéaire de l'espace, t le temps, $U(x_1, x_2, x_3)$ la fonction des forces, h la constante des forces vives ($T = U + h$). Posons

$$\int m(T)\,dT = \int m(U+h)\,d(U+h) = \mathcal{I}(U+h).$$

(¹) Convention de sommation pour les indices muets.

Parmi toutes les solutions des équations du mouvement correspondant à une même valeur de h, considérons en particulier celles qui ne contiennent (en dehors de h et de la constante que l'on peut ajouter à t) que *deux* constantes arbitraires; les quantités de mouvement $p_i = m g_{ik} \frac{dx_k}{dt}$ peuvent alors s'exprimer en fonction des x_i et de h. Parmi les solutions particulières considérées, il en existe pour lesquelles les p_i sont les dérivées partielles $\frac{\partial\theta}{\partial x_i}$ d'une fonction satisfaisant à l'unique équation aux dérivées partielles

$$g^{ik} \frac{\partial\theta}{\partial x_i} \frac{\partial\theta}{\partial x_k} = 2\mathfrak{J}(\mathrm{U}+h) \tag{1}$$

(g^{ik} est le tenseur contrevariant fondamental de la forme ds^2).

A toute solution θ de (1) correspond une famille de solutions x_i qui s'obtient par l'intégration du système d'équations différentielles

$$p_i = m g_{ik} \frac{dx_k}{dt} = \frac{\partial\theta}{\partial x_i}. \tag{2}$$

Si $\theta_1 =$ const. est une solution du système (2), on voit que θ_1 satisfait à l'équation aux dérivées partielles linéaire et homogène

$$g^{ik} \frac{\partial\theta}{\partial x_i} \frac{\partial\theta_1}{\partial x_k} = 0. \tag{3}$$

Soient θ_1 et θ_2 deux intégrales distinctes de (3). Il ne peut exister de relation entre θ, θ_1 et θ_2. Ces trois quantités étant prises comme variables indépendantes à la place des x_i dans le ds^2 de l'espace, on obtient la formule de Lipschitz :

$$2\mathfrak{J}(\mathrm{U}+h)\, ds^2 = d\theta^2 + f(d\theta_1, d\theta_2), \tag{4}$$

où f est une forme quadratique en $d\theta_1$ et $d\theta_2$. Cette formule conduit au principe de moindre action. Elle réduit le problème de dynamique à la recherche des géodésiques du

$$\delta\sigma^2 = 2\mathfrak{J}(\mathrm{U}+h)\, ds^2. \tag{5}$$

Le théorème de Thomson et Tait s'en déduit : « Si sur toutes les trajectoires du point m correspondant à une même valeur de h, passant par un point fixe (ou normales à une surface donnée), on considère les arcs comptés à partir du point fixe (ou du point d'incidence) pour lesquels l'action

$\theta = \int \sqrt{2\mathcal{J}(\mathrm{U}+h)}\,ds$ a une valeur donnée, le lieu des extrémités des arcs est normal à toutes les trajectoires. »

Ceci n'est que l'application immédiate au point de masse $m(\mathrm{T})$ de l'interprétation géométrique de la méthode de Jacobi développée par Darboux [1].

Remarque. — Dans l'espace à quatre dimensions de

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\,dx_\alpha\,dx_\beta \qquad (\alpha,\ \beta = 0,\ 1,\ 2,\ 3)$$

le « champ » étant défini par la forme $\mathrm{U}_\alpha\,dx_\alpha$, l'équation de Jacobi du point de masse (constante) μ s'écrit :

$$g^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial\theta}{\partial x_\alpha} + \mathrm{U}_\alpha\right)\left(\frac{\partial\theta}{\partial x_\beta} + \mathrm{U}_\beta\right) = \mu^2 \tag{6}$$

avec

$$\frac{\partial\theta}{\partial x_\alpha} = p_\alpha = \mu g_{\alpha\beta}\frac{dx_\beta}{ds} - \mathrm{U}_\alpha.$$

En particulier, dans le « champ statique » où $ds^2 = g_{00}\,dx_0^2 - \gamma_{ik}\,dx_i\,dx_k$ (g_{00}, les γ_{ik} et les U ne dépendant que de x_1, x_2, x_3), on a

$$h_1 = \text{const.} = p_0 = \mu g_{00}\frac{dx_0}{ds} - \mathrm{U}_0,$$

(6) s'écrit alors

$$\gamma^{ik}\left(\frac{\partial\theta}{\partial x_i} + \mathrm{U}_i\right)\left(\frac{\partial\theta}{\partial x_k} + \mathrm{U}_k\right) = \frac{(\mathrm{U}_0 + h_1)^2}{g_{00}} - \mu^2.$$

Le premier membre se réduit à la forme

$$\gamma^{ik}\frac{\partial\theta'}{\partial x_i}\frac{\partial\theta'}{\partial x_k},$$

quand U_1, U_2, U_3 sont les dérivées d'une fonction de x_1, x_2, x_3. On peut interpréter géométriquement cette équation de Jacobi d'une manière analogue à celle rappelée pour l'équation (1). On notera la correspondance entre le cas où m varie linéairement avec la force vive et celui où g_{00} est constant.

---

[1] *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 2, p. 452 et suiv. (2e édit.).

MÉCANIQUE. — *La propagation des ondes sur la ligne élastique à six paramètres.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Nous appelons ligne élastique à six paramètres la ligne la plus générale considérée par MM. Cosserat dans leur *Théorie des corps déformables*, où l'orientation de chaque trièdre mobile $Muvw$ autour de l'axe longitudinal, lieu des sommets M, est laissée arbitraire. La configuration de la ligne est, en effet, définie par six paramètres : les coordonnées x, y, z de M et trois paramètres angulaires fixant l'orientation du trièdre (M). On peut les considérer comme des fonctions du temps t et de l'abscisse curviligne ω de la position qu'occupait le point matériel M sur l'état primitif.

Les méthodes de l'Énergétique permettent d'établir les équations générales du mouvement d'une telle ligne, en tenant compte des effets de la viscosité et des variations de la température absolue T, et d'y étudier la propagation des ondes. Supposons donc que la ligne soit le siège d'une onde persistante du premier ordre par rapport à x, y, z et aux cosinus directeurs $\alpha, \beta, \ldots, \gamma_2$ des axes mobiles $Muvw$ par rapport aux axes fixes; la discontinuité est caractérisée par quatre vecteurs $(\lambda, \mu, \nu; a, b, \ldots, c_2)$ tels qu'on ait

$$\delta \frac{\partial(x, y, z; \alpha, \beta, \ldots, \gamma_2)}{\partial(\omega, t)} = (\lambda, \mu, \nu; a, b, \ldots, c_2)(1, -\mathfrak{V}_0),$$

δ désignant la variation brusque éprouvée par une quantité discontinue à la traversée de l'onde et $\mathfrak{V}_0$ la vitesse de propagation de l'onde comptée sur l'état primitif.

Une telle discontinuité est, en général, d'ordre zéro par rapport aux composantes $\xi, \eta, \zeta; p, q, r$, suivant (M) et divisées par $d\omega$, de la translation et de la rotation amenant $(M)(\omega, t)$ sur le trièdre infiniment voisin $(M')(\omega + d\omega, t)$, et aussi par rapport aux composantes $\mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \mathfrak{R}$ suivant (M) de la rotation instantanée de ce trièdre. Cela posé, si la ligne est bonne conductrice de la chaleur, c'est-à-dire si son coefficient de conductibilité intérieure K n'est pas nul, on a $\delta T = 0$, sinon $(K = 0)$, on a, en supposant $\mathfrak{V}_0 \neq 0$,

$$\delta T = \frac{T}{c\mathfrak{E}} (f''_{T\xi}\delta\xi + f''_{T\eta}\delta\eta + \ldots + f''_{Tr}\delta r), \tag{1}$$

c désignant la capacité calorifique linéaire, $\mathfrak{E}$ l'équivalent mécanique de la chaleur et f le potentiel thermodynamique interne linéaire.

Tout d'abord on reconnaît qu'une ligne affectée de viscosité ne peut être le siège d'aucune onde du premier ordre qui se propage. Supposons donc la ligne dénuée de viscosité; on trouve les six équations fondamentales

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{r} \rho_0 \mathcal{V}_0^2\, \delta(\xi, \eta, \zeta) + \delta(\mathcal{R}_u, \mathcal{R}_v, \mathcal{R}_w) = 0, \\ \rho_0 \mathcal{V}_0^2 (A^2\, \delta p, B^2\, \delta q, C^2\, \delta t) + \delta(\mathcal{C}_u, \mathcal{C}_v, \mathcal{C}_w) = 0, \end{array}\right.$$

ρ_0 désignant la densité linéaire primitive; A, B, C les rayons de giration par rapport aux axes Mu, v, w de la section de la ligne par l'un des plans de coordonnées, ces axes étant principaux d'inertie de la section ainsi choisie; $\mathcal{R}$, $\mathcal{C}$ la force et le couple résultant des forces de liaison exercées en M par une portion de la ligne sur l'autre. On a d'ailleurs, par suite de la petitesse des déformations de chaque élément de ligne

$$(3)\qquad \delta\mathcal{R}_u = -(f''_{\xi^2}\, \delta\xi + f''_{\xi\eta}\, \delta\eta + \ldots + f''_{\xi r}\, \delta r + f''_{\xi T}\, \delta T), \quad \ldots.$$

Deux cas sont alors à distinguer :

I. $K \neq 0$. Alors $\delta T = 0$ et (3) substitué dans (2) donne

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{l} (f''_{\xi^2} - \rho_0 \mathcal{V}_0^2)\, \delta\xi + f''_{\xi\eta}\, \delta\eta + \ldots + f''_{\xi r}\, \delta r = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ f''_{r\xi}\, \delta\xi + f''_{r\eta}\, \delta\eta + \ldots + (f''_{r^2} - C^2 \rho_0 \mathcal{V}_0^2)\, \delta r = 0. \end{array}\right.$$

Pour que la discontinuité ne soit pas nulle, il faut et il suffit que le déterminant de ces six équations linéaires le soit, ce qui donne une équation du sixième degré en $\mathcal{V}_0^2$. Cinq de ces équations déterminent ensuite, pour chaque valeur de $\mathcal{V}_0$, les secteurs $(\lambda, \mu, \ldots, c_2)$ en fonction d'un même paramètre arbitraire.

II. $K = 0$. Alors δT est donné par (1), de sorte qu'il vient, au lieu de (4),

$$\begin{array}{l} \left(f''_{\xi^2} + \dfrac{T}{c\mathfrak{E}} f''^2_{T\xi} - \rho_0 \mathcal{V}_0^2\right) \delta\xi + \ldots + \left(f''_{\xi r} + \dfrac{T}{c\mathfrak{E}} f''_{T\xi} f''_{Tr}\right) \delta r = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \left(f''_{r\xi} + \dfrac{T}{c\mathfrak{E}} f''_{Tr} f''_{T\xi}\right) \delta\xi + \ldots + \left(f''_{r^2} + \dfrac{T}{c\mathfrak{E}} f''^2_{Tr} - C^2 \rho_0 \mathcal{V}_0^2\right) \delta r = 0, \end{array}$$

et la discussion s'achève comme précédemment. On reconnaît enfin que les conclusions qui précèdent restent valables pour des ondes d'un ordre quelconque.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un appareil mécanique servant au tracé de champs hydrodynamiques.* Note de M. E.-G. **Barrillon**, présentée par M. d'Ocagne.

Le tracé du champ hydrodynamique autour d'une section, par exemple autour d'un profil d'avion, est une opération très laborieuse si l'on procède par calculs de points isolés. Il y aurait intérêt à remplacer ces calculs par un tracé mécanique. C'est le résultat obtenu par l'appareil que nous allons décrire.

Remarquant que pour tracer le champ autour d'une section circulaire, il suffit d'effectuer la transformation conforme

$$z = Z + \frac{k^2}{Z}$$

sur un champ représenté par un quadrillage régulier, nous avons combiné un appareil qui réalise cette transformation; cette même transformation se retrouvant dans de nombreux problèmes, soit que l'on passe de z à Z, soit que l'on passe de Z à z, l'appareil est susceptible de multiples applications.

Le principe de l'appareil est le suivant :

Avec 6 tiges de même longueur L et 6 tiges de même longueur $l < L$, on peut construire deux inverseurs de Peaucellier, l'un composé de 4 tiges l formant un losange et de 2 tiges L convergeant en un pôle P, extérieur au losange; l'autre composé de 4 tiges L formant un losange et de 2 tiges l convergeant en un pôle P_2 intérieur au losange. Dans le losange à tiges l il existe deux sommets auxquels aboutissent seulement 2 tiges, de même dans le losange à tiges L.

Si l'on jonctionne les deux appareils, placés dans un même plan, en montant sur un même axe un sommet à 2 tiges du premier et un sommet à 2 tiges du second, puis en montant sur un même axe les 2 pôles, on obtient un appareil articulé à 12 tiges dans lequel 4 points sont alignés; ce sont : le pôle commun P, 2 sommets à 2 tiges (a_1 et a_2) et le sommet à 4 tiges O. Ce dernier est supposé fixe.

L'ordre de ces 4 points est variable, mais, pour toute déformation de l'appareil, P est au milieu de $a_1 a_2$ et la distance de P à chacun de ces points est

$$\frac{L^2 - l^2}{OP}.$$

Par rapport à deux axes rectangulaires passant par O les coordonnées de P étant X, Y ou sa coordonnée complexe $Z = X = iY$, l'ordonnée de a_2 sera

$$y_2 = Y\left[1 + \frac{L^2 - l^2}{X^2 + Y^2}\right],$$

l'abscisse de a_1 sera

$$x_1 = X\left[1 - \frac{L^2 - l^2}{X^2 + Y^2}\right].$$

Le point p, défini par les conditions d'avoir même ordonnée que a_2 et même abscisse que a_1, aura donc pour coordonnée complexe

$$z = x_1 + iy_2 = X\left[1 - \frac{L^2 - l^2}{X^2 + Y^2}\right] + iY\left[1 + \frac{L^2 - l^2}{X^2 + Y^2}\right] = Z + \frac{L^2 - l^2}{Z}.$$

Si donc une équerre, astreinte à rester parallèle à elle-même, porte sur ses côtés, à angle droit, deux glissières recevant, l'une un coulisseau porté par a_1, l'autre un coulisseau porté par a_2, on aura, entre la position du sommet p de l'équerre et celle du pôle P, la relation

$$z_p = Z_P + \frac{L^2 - l^2}{Z_P}.$$

L'appareil ainsi constitué par deux inverseurs de Peaucellier et une équerre liée à des parallélogrammes articulés, effectuera donc la transformation conforme

$$z = Z + \frac{K^2}{Z},$$

à condition de choisir convenablement les longueurs L et l suivant la valeur imposée à K.

A une position de P correspond une seule position de p et à une position de p correspondent deux positions de P.

Lorsque dans la déformation de l'appareil, le losange à tiges l s'aplatit suivant une droite, un des points à deux tiges vient en O. Pour que cette position puisse être atteinte sans que les jeux et flexions inévitables dans une réalisation matérielle, nuisent à la précision de l'appareil, il suffit d'ajouter entre deux tiges L parallèles, un système de parallélogrammes articulés, ne changeant rien au fonctionnement théorique, mais permettant le passage du point mort.

L'index porté par l'équerre peut être fixé en un point quelconque de son plan, ce qui permet de déporter le tracé p par rapport au tracé P.

Dans l'emploi de l'appareil on peut ou bien suivre un tracé donné p et obtenir le tracé P, ou faire l'inverse.

Partant d'un tracé p formé par un quadrillage rectiligne régulier, orienté comme l'équerre, l'appareil trace l'épure P_1 du champ hydrodynamique, autour d'un cylindre circulaire. Faisant tourner l'épure obtenue, autour du point O et suivant ce tracé avec le style P_1, l'appareil trace en p_2 le champ hydrodynamique autour d'une portion limitée de plan. Si l'on change les longueurs L et l, et déplace le tracé P_1 avant de le suivre avec le style P, l'appareil donne en p les tracés de lignes de courant autour des sections d'ailes connues sous le nom de tracés Joukowski.

Les mêmes champs avec circulation, sont obtenus en partant d'un plan P relatif à un cylindre tournant, plan que l'on obtient facilement par la méthode des tracés diagonaux.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'utilisation des mesures de polarisation rotatoire magnétique dans l'analyse des mélanges.* Note de M. **Marcel Jacob**, présentée par M. A. Cotton.

Les résultats si utiles que fournissent les mesures de polarisation rotatoire naturelle et de dispersion rotatoire pour l'analyse des corps, en somme assez exceptionnels, qui sont doués de cette propriété, conduisent à envisager l'utilisation des mesures de polarisation rotatoire magnétique, phénomène absolument général, et dont les variations d'un corps à un autre peuvent servir à des dosages.

J'ai commencé des recherches à ce sujet pendant la guerre, en collaboration avec M. Aubert qui envisageait l'emploi de ces mesures pour l'analyse rapide des essences utilisées dans les moteurs d'aviation; des différences très accentuées existent en effet à ce point de vue entre les carbures d'hydrogène saturés et les carbures benzéniques.

Les mesures alors effectuées supposaient un contrôle précis et permanent du courant électrique dans la bobine, ce qui limitait l'application pratique de la méthode.

Je me suis attaché depuis lors à la mise au point de mesures par une méthode de compensation permettant d'opérer facilement malgré les variations d'intensité inévitable dans les conditions courantes d'application.

On place l'un au bout de l'autre, dans la bobine, le tube contenant le liquide étudié et un compensateur réglable chargé de réaliser une rotation

juste égale et de sens opposé. La graduation du compensateur fournit la mesure. Grâce à la loi de variation linéaire des divers pouvoirs rotatoires magnétiques, la compensation une fois réalisée subsiste malgré les variations d'intensité du courant (bobine sans fer).

Le compensateur est constitué par une gouttière contenant le liquide type, dans laquelle une lame demi-onde pour la radiation utilisée, perpendiculaire à l'axe de la gouttière, se déplace à volonté le long de cet axe, sans altération de son orientation.

La demi-onde transforme la vibration rectiligne qu'elle reçoit en une vibration symétrique par rapport à son axe cristallin, c'est-à-dire qu'elle renverse le signe de l'angle θ qui définit, en prenant pour origine arbitraire l'axe cristallin, l'azimut de vibration. L'analyseur étant réglé, si l'on interpose alors, sur le faisceau lumineux avant la lame demi-onde, un milieu actif donnant une rotation α, on augmente de α l'azimut de la vibration incidente et par conséquent de $-\alpha$ l'azimut de la vibration émergente : La lame demi-onde a donc un effet équivalent à un renversement de signe de la rotation réalisée avant elle, sans qu'il y ait à craindre une erreur d'un multiple entier de π, les rotations restant pratiquement inférieures à π.

Lorsque l'on met le liquide de référence dans le compensateur, celui-ci réalise par conséquent, au total, une rotation algébriquement égale à la différence entre les rotations produites par la portion après la lame demi-onde et la portion avant la lame demi-onde. Avec des dimensions et un liquide de référence convenablement choisis on peut donc compenser la rotation produite dans le premier tube par le liquide étudié.

La bobine construite pour les études maintenant poursuivies méthodiquement sur les essences d'aviation comporte, sur une longueur de 60^{cm}, 1 250 tours (700^{m} environ) de tube de cuivre, de 6^{mm} de diamètre extérieur et 1^{mm} d'épaisseur où une circulation d'eau permet de dépasser 250 ampères. La chambre cylindrique axiale a 5^{cm} de diamètre et permet d'établir, autour du tube et du compensateur une chemise à circulation d'eau pour les protéger, aux régimes d'intensité élevée, contre les perturbations thermiques qui altéreraient le champ optique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches sur la décharge électrique dans les gaz et les rayonnements qui l'accompagnent.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

I. *Effets de pression.* — Nous avons précédemment indiqué (¹) une hypothèse susceptible de rendre compte du bord cathodique net de la lumière négative. D'après celle-ci, il devrait exister des différences de densité entre les diverses parties de la décharge. Nous avons recherché cet effet en explorant celle-ci au moyen d'un étroit faisceau transversal de rayons X mous n'apportant aucune perturbation : les différences de pression locale devant se traduire par une variation d'opacité du gaz.

L'appareil est construit en pyrex et comprend trois compartiments étanches séparés par des feuilles de celluloïd d'une épaisseur de l'ordre d'une longueur d'onde lumineuse : le tube à rayons X, le tube à décharge et la chambre d'ionisation à pression réduite. Les deux tubes sont alimentés par des générateurs séparés sous des tensions pouvant atteindre 400 volts. Les électrodes du tube à décharge sont déplaçables magnétiquement de manière à pouvoir amener sur le trajet des rayons X telle partie désirée de la décharge.

Les expériences ont porté sur les gaz : He, Ne et A sous des pressions variant de 0,1 à 3^{mm}. La radiation ionisante propre de la décharge étant de l'ordre de celle du tube à rayons X, on mesurait successivement et rapidement la première seule, puis la somme des deux. La différence était comparée à l'intensité des rayons X seuls.

L'effet de pression s'est montré faible, par suite du « voile » causé par la présence d'un grand nombre d'atomes neutres. Il n'est nettement supérieur aux erreurs de mesure qu'en un seul point — où il est trois fois plus grand — : c'est au bord cathodique de la lumière négative, où il existe, par suite, une surpression d'ions positifs et où il s'est invariablement manifesté. Il est localisé en une tranche gazeuse remarquablement mince et inférieure à $0^{mm},5$. Un faible effet de même sens a également été constaté au bord cathodique net de la lumière positive.

Aucune dépression n'a pu être décelée, celle-ci étant probablement répartie sur de grands espaces comme celui de Faraday. La dépression

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 601.

attendue dans l'espace de Crookes semble masquée par le double courant gazeux qui y circule. Le résultat de ces mesures est, en somme, favorable à l'hypothèse formulée.

II. *Rayonnements de la décharge.* — Ces rayons découverts par Wiedemann, ont été étudiés par J.-J. Thomson qui est arrivé à cette conclusion qu'ils étaient de deux types : des rayons de Schumann très absorbables et des rayons X pénétrants correspondant au quantum du voltage appliqué au tube.

Nous avons étudié ces rayonnements pour tous les points remarquables de la décharge en caractérisant leur qualité par des filtrations exercées au moyen d'un film de celluloïd auxiliaire et d'une feuille d'or battu pouvant être insérés magnétiquement sur leur trajet. L'étalonnage a été effectué au moyen du tube à rayons X fonctionnant sous divers voltages.

La radiation est, en général, localisée dans les lueurs visibles, sauf dans l'espace de Crookes où elle est importante. Celle de la lumière positive est invariablement constituée de rayons de Schumann. Son intensité est proportionnelle au courant et indépendante du voltage.

Les rayonnements émis par la lumière négative dépendent, *à voltage constant*, de la pression. Lorsque celle-ci est de l'ordre du millimètre, on n'y trouve que les rayons précédents, mais, lorsqu'elle devient dix fois moindre, il y apparaît des rayons X caractéristiques intenses, de longueur d'onde relativement courte comme les rayons L de l'argon, caractérisés à la fois par leur qualité et leur potentiel critique d'apparition.

Le rayonnement de l'espace de Crookes est remarquable : très mou devant la cathode, il devient de plus en plus pénétrant et intense lorsqu'on se rapproche du bord de la lumière négative où il croît brusquement d'une manière discontinue. Il est donc uniquement dû aux électrons cathodiques. La lumière négative apparaît ainsi, aux basses pressions, comme l'anticathode gazeuse d'un tube à rayons X avec des lois d'émission analogues ([1]).

Contrairement au résultat observé par J.-J. Thomson nous n'avons pas constaté dans la lumière négative un rayonnement Röntgen indépendant appréciable. La comparaison effectuée avec le tube à rayons X a montré que, s'il existe, il est considérablement plus faible que celui émis par un corps solide.

III. *Nature des rayons X mous.* — L'étalonnage des rayons de décharge

---

([1]) Des expériences ont également été effectuées en supprimant le film étanche et avec une cathode incandescente mobile.

nous a amené à étudier la nature des rayons Röntgen émis par le tube. M. F. Holweck avait déjà montré que ceux-ci formaient un spectre continu qualitativement et quantitativement indépendant de la nature de l'anticathode et dépourvu de rayons caractéristiques. Ce résultat remarquable était cependant opposé aux lois d'émission trouvées dans le domaine spectrographique. Nous avons trouvé que les rayons mous étaient presque exclusivement constitués de radiations caractéristiques et qu'ils dépendaient beaucoup de la nature de l'anticathode. Les courbes intensité-voltage présentent de fortes discontinuités. Les expériences ont été faites avec des anticathodes de carbone et de tungstène. La première accuse l'émission de rayons K intenses à 295 volts; la seconde celle des séries $N_{4,5}$ à 240 volts et $N_{6,7}$ à 280 volts, en accord avec le diagramme des niveaux. Par exemple, à 340 volts le rayonnement K du carbone est déjà *au moins* trois fois plus intense que la radiation générale totale et celle-ci apparaît relativement plus forte pour le tungstène que pour le carbone, en accord avec les lois habituelles. Ces considérations sont, en outre, vérifiées par les courbes d'absorption.

Il a été observé avec le tungstène que ces discontinuités disparaissaient lorsque la pression du gaz dans le tube atteignait une barye et que le rendement pouvait baisser au quart de sa valeur normale pour des pressions bien plus faibles. La cause de cet effet semble due à l'*adsorption* sur les électrodes de couches gazeuses détruisant l'homogénéité des rayons cathodiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une extension de la méthode des températures critiques de solubilité pour l'analyse des essences de pétrole.* Note de MM. **M. Aubert** et **E. Aubrée**, présentée par M. Moureu.

Les résultats fort intéressants apportés, dans l'analyse des essences de pétrole, par la mesure des températures critiques de solubilité dans l'aniline, suivant la méthode de L.-J. Simon et Chavanne [1], nous ont conduits à chercher, pour faciliter les contrôles très précis qu'exigent les essences employées dans les moteurs d'aviation, des perfectionnements de cette méthode capables de simplifier les opérations en évitant les nitrations qu'elle utilise pour éliminer les carbures aromatiques. L'emploi de mesures

---

[1] *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 1111 et 1324; **169**, 1919, p. 70, 185, 285 et 693.

optiques, complétant une seule détermination de T. C. S. dans l'aniline, peut fournir des solutions utiles dans cette voie; nous avons parallèlement étudié un procédé qui consiste à mesurer les T. C. S. dans deux solvants différents.

Si l'on appelle Ar, C et Ac la masse pour 100 des carbures aromatique, cyclique saturé et acyclique saturé d'un mélange ternaire, θ_C et θ_{Ac} les températures critiques de solubilité dans l'aniline du carbure cyclique saturé et du carbure acyclique, T la T. C. S. du mélange brut et T_1 sa T. C. S. après élimination de l'aromatique par nitration, la méthode de Simon et Chavanne fournit, pour le calcul de Ar et C, les relations

$$Ar = k(T_1 - T) \quad \text{et} \quad C = \frac{\theta_{Ac} - T_1}{\theta_{Ac} - \theta_C}(100 - Ar)$$

entre lesquelles nous pouvons éliminer T_1 pour obtenir la relation

$$C\,\frac{\theta_{Ac} - \theta_C}{100 - Ar} = \theta_{Ac} - \left(\frac{Ar}{k} + T\right)$$

qui ne fait plus appel à une opération d'élimination des aromatiques.

Un second solvant pourra fournir une seconde équation analogue nécessaire pour calculer les deux inconnues C et Ar, soit

$$C\,\frac{\theta'_{Ac} - \theta'_C}{100 - Ar} = \theta'_{Ac} - \left(\frac{Ar}{k'} + T'\right).$$

Nous avons étudié comme deuxième solvant l'alcool benzylique

$$C^6H^5CH^2OH,$$

qui contient, comme l'aniline, un noyau benzénique; sa température d'ébullition plus élevée (206° au lieu de 183°,5) est d'ailleurs favorable, et les températures critiques de solubilité, plus basses que celles dans l'aniline, manifestées par les premiers essais, facilitent les déterminations relatives aux carbures volatils.

Les expériences poursuivies sur divers carbures purs (hexane, heptane, octane, décane; cyclohexane, diméthylcyclopentane; benzène, toluène), et sur des mélanges variés de ces carbures, ont vérifié l'existence de relations analogues à celles connues pour l'aniline, et la possibilité d'appliquer la méthode des deux solvants à des analyses d'essence réalisées sur fractionnement initial identique à celui de Simon et Chavanne, mais sans opération de nitration et sans deuxième fractionnement. Outre la simplification

et l'économie de temps, on a encore l'avantage de pouvoir opérer sur des échantillons de masse plus réduite, auxquels on est souvent limité dans les opérations de contrôle.

Les variations des T. S. C. d'un terme à l'autre des familles de carbures saturés sont plus accentuées que dans l'aniline; l'alcool benzylique se prête donc moins bien que l'aniline à l'analyse sommaire globale préconisée par MM. Simon et Chavanne pour obtenir une première approximation de la composition avant fractionnement (en donnant aux θ et à k des valeurs moyennes).

L'alcool benzylique est sujet, comme l'aniline, à des altérations spontanées qui modifient les T. C. S. : le moyen le plus simple et le plus sûr de contrôler le solvant est la mesure de T. C. S. d'un carbure type conservé comme témoin. Ce contrôle du bon état des solvants est plus important encore que dans la méthode initiale de Simon et Chavanne, car tous les calculs portent sur les mesures indépendantes T et T'; l'une des déterminations anciennes, celle de Ar, était basée sur la *différence* $(T_1 - T)$ de deux T. C. S. dans un même solvant, qui a des chances d'être moins altérée que chacun de ses termes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Complexes d'oxydation des nickelocyanures en présence d'hydroxylamine*. Note de MM. **André Job** et **André Samuel**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons signalé (¹) l'existence d'un complexe nouveau formé à partir du nickelocyanure de potassium dans son oxydation par l'air en présence d'hydroxylamine. Ce complexe, d'un violet intense, n'a pu être isolé de sa solution; aussi sa formule demeurait incertaine. Mais nous pouvons à présent l'établir avec rigueur grâce aux observations que nous allons décrire.

D'après ce que nous avions déjà constaté, tout se passe comme si le complexe violet se constituait avec des ions $[Ni(CN)^3]^-$ auxquels viendraient s'ajouter de l'oxygène et de l'hydroxylamine (ou quelque groupement issu de leur action mutuelle). Mais nous avons réussi à détacher encore un $\overline{CN}$ de l'anion violet; pour cela, nous traitons la liqueur, rendue neutre, par du chlorure mercurique; la coloration violette fait place à une couleur d'un

(¹) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 188.

bleu intense qui rappelle l'eau céleste ([1]), et ce composé bleu présente une propriété nouvelle : on peut l'extraire de l'eau par l'alcool amylique. On n'y trouve plus que $2\overline{CN}$ par atome de nickel et aucune trace de potassium. C'est-à-dire que *le complexe bleu n'est pas un électrolyte mais bien un composé non dissocié formé avec* $Ni(CN)^2$ *plus de l'oxygène et de l'hydroxylamine (ou un produit de leur action mutuelle)*.

D'ailleurs, il suffit de mettre la solution amylique du complexe bleu en présence d'une solution de KCN, il revient aussitôt à l'état de sel violet et repasse en solution dans l'eau ; et l'on peut vérifier que pour chaque atome de nickel il y a un KCN mis en jeu.

Si au lieu de neutraliser la solution violette, on la traite en milieu très alcalin par une quantité suffisante de chlorure mercurique, alors on détruit complètement l'édifice du complexe violet, on libère le cyanure de nickel $Ni(CN)^2$, et l'on dégage des gaz (environ 72 pour 100 de N^2O, 23 pour 100 de N^2, 5 pour 100 de NO). Ce sont précisément les mêmes gaz dans les mêmes proportions, qu'on retrouve en oxydant de l'hydroxylamine seule par le chlorure mercurique dans une solution de même alcalinité ([2]). *Cela semble bien démontrer que l'hydroxylamine subsistait dans l'anion complexe, et nous trouvons là un moyen de la doser.* Du reste, on peut aussi la doser dans le complexe bleu. Celui-ci (préparé à l'état de pureté en solution amylique) se détruit à l'ébullition en présence d'eau acidulée ; on voit reparaître le cyanure de nickel $Ni(CN)^2$ et l'on recueille des gaz qui révèlent aussi l'oxydation de l'hydroxylamine (notamment NO et surtout N^2O). Le bilan en azote démontre alors que pour chaque atome de nickel une demi-molécule seulement d'hydroxylamine est entrée en action ; ce résultat nous montre *que le composé bleu doit être un complexe à deux noyaux dans lequel une molécule d'hydroxylamine fait le pont entre deux atomes de nickel.* Reste enfin à mesurer le pouvoir oxydant du complexe : le sel violet réagit très exactement molécule à molécule sur le nickel-1-tricyanure rouge (en

---

([1]) On peut aussi faire apparaître le complexe bleu en traitant la solution violette par un acide ; une partie des ions $\overline{CN}$ sont alors arrachés et forment de l'acide cyanhydrique HCN.

([2]) M. Delépine, nous rappelant les propriétés singulières des complexes nitrosés dans le groupe du ruthénium, nous suggérait que le sel violet pourrait être constitué par la simple juxtaposition de NO au nickel divalent. S'il en était ainsi, nous n'observerions certainement pas le phénomène que nous venons de décrire. Et d'ailleurs nous avons vérifié qu'en traitant du nitroprussiate de la même façon par $HgCl^2$, et dans le même milieu, on libère exactement tout le gaz NO qu'il recèle et pas du tout de N^2O.

présence de KCN) pour donner du nickelocyanure normal $Ni(CN)^4K^2$ et de l'hydroxylamine. C'est-à-dire que *le pouvoir oxydant du complexe violet (et par conséquent aussi du sel complexe bleu) est de $\frac{1}{2}$ O par atome de nickel.* Si donc l'hydroxylamine subsiste dans la molécule, il faut conclure que le nickel y est devenu trivalent, et sa formule est dès lors fixée :

Complexe bleu.......... $(CN)^2(OH)Ni_{III}NH^2OHNi_{III}(OH)(CN)^2$
Anion complexe violet... $^-[(CN)^3(OH)Ni_{III}NH^2OHNi_{III}(OH)(CN)^3]^-$

Dans le complexe géminé violet que nous avons ainsi préparé, l'indice de coordination du nickel serait 5 (¹).

L'hydroxylamine est-elle intacte dans le complexe? Ce que nous savons c'est qu'elle reparaît au moment où on le détruit. Il se peut que la formule, telle que nous l'avons écrite, représente une molécule de première consolidation construite selon le mode de Kossel et que, par une évolution interne, le complexe bleu prenne la forme suivante :

$$(H^2O)(CN)^2Ni_{III}-\underset{\substack{|\\(OH)}}{N}-Ni_{III}(CN)^2(H^2O),$$

où le nickel serait lié à l'azote par covalence.

Cette formule où nous voyons le nickel trivalent rattaché à un reste d'oxime semble digne d'être retenue. En effet, rappelons qu'en 1913 K.-A. Hofmann a signalé pour la première fois un complexe de nickel trivalent, préparé avec de la formoxime. En donnant au reste d'oxime la formule $=\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{C-N}-$ qui est équivalente à $=C=NO-$, nous pouvons très bien supposer que dans le complexe d'Hofmann le nickel est directement rattaché à l'azote. Et peut-être en est-il de même dans le complexe obtenu avec la diméthylglyoxime. Tous les faits observés formeraient ainsi un ensemble cohérent.

(¹) On pourrait aussi renoncer à la formule symétrique et donner l'indice 6 à l'un des noyaux et l'indice 4 à l'autre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note M. J. **Bougault**, présentée par M. Moureu.

Dans une Note récente (¹), j'ai indiqué que l'action de l'acide chlorhydrique, en solution acétique, sur l'acide amidé (I)

$$\begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO.NH^2 \\ (I). \end{array}$$

à fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone, conduit à deux lactones isomères, mais de propriétés très différentes, fondant l'une à 120°, l'autre à 82°. J'ai décrit la première, je m'occuperai ici de la seconde.

I. Cette lactone, fondant à 82°, s'obtient en employant plus d'acide acétique et moins d'acide chlorhydrique que dans la préparation de la lactone fondant à 120°.

Préparation. — On dissout 37^g du sel de soude de l'acide amidé (I), dans le mélange de 220^{cm^3} acide acétique, 15^{cm^3} acide chlorhydrique et 30^{cm^3} d'eau. On porte à l'ébullition au réfrigérant à reflux pendant 8 heures. Le liquide reste limpide, mais se colore en brun. Après refroidissement, on ajoute 500^{cm^3} d'eau. Le précipité pâteux ainsi obtenu est réuni, par agitation, dans le mélange de 10^{cm^3} d'éther et 100^{cm^3} de benzine.

La solution benzénique est d'abord lavée avec une solution aqueuse de carbonate de sodium qui retient une petite quantité d'un acide fondant à 170°; cet acide n'est autre qu'un des acides benzylphényléthylsucciniques obtenu par une autre voie (²) à partir du même acide amidé (I) et dont la formule de constitution a été confirmée par la synthèse.

Après ce lavage, la solution benzénique a été agitée avec 50^{cm^3} de lessive de soude diluée avec 100^{cm^3} d'eau. Par le repos il se forme trois couches liquides : une couche inférieure incolore, une couche moyenne colorée en brun et la couche benzénique peu colorée. On élimine d'abord la couche aqueuse inférieure qui ne contient rien d'intéressant et on la remplace par 125^{cm^3} d'eau, qui dissout la couche intermédiaire. On décante le liquide aqueux et on l'acidule par l'acide chlorhydrique; il y a séparation d'un produit sirupeux qui finit par cristalliser : c'est la lactone cherchée.

On la purifie par dissolution dans l'éther et précipitation par additions ménagées d'éther de pétrole.

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 136.
(²) J. Bougault, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1944, et **181** 1925, p. 247.

Propriétés. — Cette lactone fond à 82°; elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, dans l'éther, le benzène, le chloroforme, insoluble dans l'éther de pétrole.

L'analyse élémentaire lui assigne la composition $C^{19}H^{18}O^{3}$, que j'écris en formule développée (II) :

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.CH^2.C \diagdown \\ \qquad\qquad\quad O \lhd \quad | \; O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C\text{—}CO \\ \qquad\qquad (II). \end{array} \qquad \begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.CH^2.CH \\ \qquad\qquad\qquad\quad O \;\; \rangle O \\ C^6H^5.CH^2.CH{=}C\text{—}CO \\ \qquad\qquad (III). \end{array}$$

Je rappelle que la lactone isomère, décrite dans ma Note précédente [1], est représentée par la formule (III) et se dédouble, par hydratation sous l'action des alcalis, en aldéhyde phénylpropionique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CHO$$

et acide benzylpyruvique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CO^2H.$$

La nouvelle lactone (II) se comporte tout différemment. Sous l'action des alcalis, elle s'hydrate normalement en donnant l'acide-alcool attendu (IV), susceptible de régénérer, par déshydratation, la lactone

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.CH^2.COH \\ \qquad\qquad\quad O \lhd \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C.CO^2H \\ \qquad\qquad (IV). \end{array}$$

primitive, dont il provient.

II. Étant donné que les deux lactones (II) et (III) se forment sous l'influence des mêmes réactifs et dans des conditions assez voisines, la seule différence notable étant la concentration plus grande en acide chlorhydrique dans la préparation de la lactone (III), j'ai pensé que j'avais affaire à une réaction unique dans laquelle la lactone (II) n'était qu'un terme intermédiaire dans le passage de l'acide amidé (I) à la lactone (III). J'ai essayé alors de préparer la lactone (III) à partir de la lactone (II) par l'action de l'acide chlorhydrique en solution acétique, mais sans aucun résultat : la lactone (II) n'a pas été modifiée.

---

(1) *Loc. cit.*

Il faut en conclure que la formation de ces deux lactones qui, à partir de l'acide amidé (I), peut s'exprimer par la même équation globale :

$$C^{20}H^{23}NO^6 = NH^3 + CO^2 + H^2O + C^{19}H^{18}O^3,$$

s'effectue suivant deux modes différents, dépendant de la concentration en acide chlorhydrique, et qu'on ne peut y voir les deux étapes d'un même processus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons des oximes avec le chlorure de zinc.* Note de M. **P. Billon**, présentée par M. Moureu.

Dans la préparation des oximes le sel de Crismer (chlorozincate d'hydroxylamine) est employé en général en solution hydroalcoolique, puis, la réaction terminée, le mélange est traité par l'eau afin d'éliminer le chlorure de zinc qui a pris naissance. A notre connaissance on n'a jamais isolé de produits intermédiaires dans cette réaction. MM. Haller et Bauer (1) en faisant agir le sel de Crismer sur l'éther benzoylacétique ont constaté que l'on obtenait de mauvais rendements en isoxazolone, et ils pensaient que la raison en était la formation d'un sel de zinc de l'oxime, sel qu'ils n'ont pas étudié.

Or, si l'on évite le contact de l'eau et si, en particulier, on fait agir sans solvant le sel de Crismer sur une cétone, on obtient un composé cristallisé différent de l'oxime. L'analyse complète de ces composés conduit à les considérer comme la combinaison d'une molécule de chlorure de zinc avec deux molécules d'oxime (2). Ces composés ont un point de fusion net et recristallisent par refroidissement. Ils sont solubles dans la plupart des solvants, très peu solubles dans la ligroïne, ce qui permet de les séparer de l'oxime qui n'a pas réagi. Au contact de l'eau ils se décomposent en donnant l'oxime et du chlorure de zinc.

Si, par ailleurs, on fait agir une solution dans l'alcool absolu d'une molécule de chlorure de zinc sur deux molécules d'oxime également dans l'alcool absolu, on obtient le même composé cristallisé que par l'action

---

(1) Haller et Bauer, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1446.

(2) On connaît des combinaisons du chlorure et du bromure cuivreux avec l'acétoxime de la forme $[C^3H^7ON]^2CuCl$ ou $CuBr$: Comstock, *American Chemical Journal*, 19, 1897, p. 490.

directe du sel de Crismer sur la cétone correspondant à l'oxime employée.

Ces composés ont nécessairement passé inaperçus, la préparation des oximes au moyen du sel de Crismer se faisant en présence d'eau. D'autre part, l'existence de ces complexes explique la difficulté que l'on a parfois à enlever le chlorure de zinc aux oximes préparées par ce procédé.

Nous nous sommes adressé à différentes cétones grasses et aromatiques. Avec un certain nombre de cétones aliphatiques nous avons obtenu des composés cristallisés : avec la propanone, point de fusion : 104°; avec la butanone, point de fusion : 71°; avec la métyl 2-butanone 3, point de fusion : 94°; avec la pentanone 3, point de fusion : 51; avec l'heptanone 4, point de fusion : 42°.

Avec les autres cétones examinées on obtient des liquides limpides, qui jusqu'à présent n'ont pas cristallisé. Nous n'avons pu dans ces conditions vérifier si nous étions en présence d'un composé défini ou bien d'une simple dissolution du chlorure de zinc dans l'oxime. Dans le cas des oximes liquides, comme cela se présente pour les cétones grasses légères, il est intéressant d'avoir des composés cristallisés qui permettent des identifications rapides.

Nous avons également fait agir le sel de Crismer sur l'acétylacétone. En mettant en présence une molécule d'acétylacétone et une demi-molécule de sel de Crismer nous pensions obtenir la combinaison du chlorure de zinc avec la monoxime qui n'est pas connue. Or nous avons bien obtenu un complexe zincique, fondant à 92°-93°, mais si l'on traite celui-ci par l'eau on obtient par épuisement à l'éther un liquide bouillant à 140°. L'analyse de ce composé conduit à la formule du diméthylisoxazol

$$\begin{array}{l} CH^3 - \underset{\underset{\displaystyle N - O}{\|}}{C} - CH = C - CH^3, \\ \qquad\qquad\qquad\quad \diagup \end{array}$$

corps qui se forme quand on cherche à préparer la monoxime par les procédés ordinaires ou bien quand on chauffe la dioxime vers 140° (¹). Les cristaux fondant à 92°-93° correspondent donc au complexe

$$\left[CH^3 - \underset{\underset{\displaystyle N - O \;\diagup}{\|}}{C} - CH = C - CH^3 \right]^2 Zn\,Cl^2,$$

ce que confirme l'analyse.

(¹) TAFEL et PFEFFERMANN, *Ber. D. C. G.*, 36, 1903, p. 220.

En faisant agir une molécule de sel de Crismer sur une molécule d'acétylacétone il y a perte d'une molécule d'hydroxylamine et l'on retrouve le même dérivé que précédemment.

Nous continuons l'étude de ces composés en opérant sur les aldéhydes, et nous nous proposons d'examiner si d'autres sels minéraux sont susceptibles de donner des combinaisons définies avec les oximes.

GÉOLOGIE. — *Sur le bassin houiller de la Haute-Dordogne.* Note de M. **Georges Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

Le bassin, objet de la présente Note, fait partie du long chenal houiller qui traverse le Massif Central entre Noyant et Decazeville. Interrompu au sud de Pontaumur, le Houiller reparaît au sud de Bourg-Lastic, dans la vallée de la Clidane, et se poursuit sans solution de continuité jusqu'à Jaleyrac. Je désigne sous le nom de bassin de la Haute-Dordogne, la partie comprise entre la Clidane et Madic, au sud-ouest de Bort. L'origine et la constitution de ce bassin ne diffèrent pas de celles des tronçons du chenal houiller situés plus au Nord. Le bassin de la Haute-Dordogne offre toutefois cet intérêt spécial, qu'occupant une région particulièrement accidentée, les résultats que l'on peut tirer de son étude acquièrent plus de précision et de netteté et laissent moins de place au doute que dans la région de Saint-Gervais par exemple.

L'allure des assises houillères et leur composition ont déjà fait l'objet d'une étude due à Amiot, alors ingénieur des Mines à Clermont-Ferrand [1]. Une récente exploration me permet de confirmer l'exactitude des résultats obtenus par Amiot. Elle m'a aussi permis de délimiter exactement toute l'extension du bassin, de reconnaître le caractère de ses limites, et de rectifier, par là, certaines conceptions courantes sur l'origine du grand sillon houiller.

De la vallée de la Clidane jusqu'au sud de Madic (Cantal), le bassin a 30^{km} de longueur. Il se présente sous la forme d'une bande de sédiments, (schistes, grès, poudingues et conglomérats) orientée N 15° à 16° O, de lar-

---

[1] Amiot, *Étude géologique du bassin houiller de Champagnac, de Bourg-Lastic et de la Haute-Dordogne* (*Notices relatives à la participation du Ministère des Travaux publics à l'Exposition Universelle en ce qui concerne le Service des Mines*, 1878, p. 373).

geur variant de 500m à 1200m. Au sud de Chalaméroux, cette bande emprunte un ancien lit de la Dordogne, encore occupé en quelques points par des alluvions glaciaires, puis à partir de la Déderie, la vallée actuelle de la Dordogne, dont elle couvre les deux flancs sur une largeur presque double de celle que figure la feuille *Mauriac* de la carte géologique au $\frac{1}{80000}$, et sans comporter aucune des discontinuités ou lacunes que marque cette carte.

A l'Est, les assises houillères reposent partout normalement sur les gneiss. Amiot avait autrefois constaté directement à Vals la superposition normale et en concordance apparente sur les gneiss. J'ai pu faire les mêmes constatations en d'autres points.

A l'Ouest, la situation est toute différente. *Les couches houillères sont tranchées, sur tout le parcours du bassin, par une faille importante* NNE-SSO au delà de laquelle le Houiller a complètement disparu. Le rejet de fa faille doit dépasser 1200m, peut-être bien davantage; le plan de fracture est vertical et se dessine ainsi par les murs de granite en saillie sur les flancs des profonds ravins dans lesquels coulent les affluents de la Dordogne. Cette faille, que j'ai suivie depuis Bourg-Lastic jusqu'au delà de Madic, sur une longueur d'environ 35km, a un tracé très régulier, légèrement convexe vers l'Ouest. Entre Monestier-Port-Dieu et Beaulieu, la faille est toutefois troublée par quelques cassures transversales et par un important décrochement, déjà entrevu par de Boucheporn et par Amiot.

Au nord de Chalaméroux, comme au sud de Bort, l'allure des assises houillères est synclinale. Partout ailleurs, c'est-à-dire sur la plus grande partie du bassin, cette allure est monoclinale; les bancs de grès et de schistes plongent de 40 à 70° vers l'Ouest sur toute la largeur des affleurements, jusqu'à la faille. Toutefois, au voisinage de celle-ci, en certains points, les couches houillères peuvent être relevées ou disloquées (l'Arbre, pont de Chalaméroux, route de Chalaméroux à Meisseix).

Par suite de la fracture, les dépôts houillers actuels ne représentent qu'une partie des dépôts primitifs; les couches monoclinales appartiennent sans doute au versant oriental d'un synclinal dont l'autre flanc a disparu. On peut même conclure que *ce qui reste du bassin occupe la lèvre affaissée de la faille*. S'il en était autrement, si l'affaissement des terrains s'était produit du côté ouest, il faudrait admettre que, antérieurement, le bassin s'est trouvé recouvert par des terrains cristallins charriés.

Le substratum du bassin actuel est constitué par des gneiss et des micaschistes, qui s'étendent indéfiniment vers l'Est, mais le granite doit probablement se trouver en profondeur.

En effet, à l'ouest de la faille, la région du Sud est occupée par les granites d'Ussel, et si la région du Nord est occupée par les gneiss plus ou moins granitiques de Chavanon, ceux-ci sont séparés du Houiller par un mince prolongement, vers le Nord, des granites d'Ussel.

D'après mes anciennes explorations, le substratum des bassins houillers de l'intérieur et de l'ouest du Massif Central (bassins d'Argentat, de Mercœur, de l'Hôpital, de Mazuras, de Bourganeuf, de Bosmoreau, de Saint-Michel-de-Veisse et d'Ahun) est toujours formé par une zone de dislocation. Il ne semble pas qu'il en soit ainsi pour le bassin houiller de la Haute-Dordogne. Les mylonites de gneiss ou de granite n'apparaissent que très exceptionnellement le long des limites.

Toutefois, on ne peut affirmer que le bassin ait rempli un synclinal des terrains plus anciens, terrains dont l'allure est actuellement indéterminée. Il ne remplit pas davantage une zone d'effondrement entre deux failles, comme on l'a souvent affirmé. L'origine de la dépression houillère, du chenal proprement dit, reste inconnue, comme l'est l'âge du jeu, ou des jeux de la faille, dont le dernier mouvement est, en tout cas, antérieur à la sortie des basaltes de la région. La largeur primitive du bassin ne peut être évaluée, et il est difficile de s'en faire une idée. Il ne suffit pas, en effet, pour la connaître, de calculer le développement des plis conservés du bassin; il faudrait aussi tenir compte des plis détruits, et de toute la dénudation qui s'est exercée, depuis le dépôt des sédiments houillers les plus récents, de chaque côté de la faille. A en juger par la nature souvent schisteuse des sédiments, on peut soupçonner que le chenal houiller devait présenter une assez grande largeur, comparable peut-être à celle du chenal oligocène.

BOTANIQUE. — *Variations du seuil de condensation amylogène aans diverses cellules de la plante.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai exposé dans une Note antérieure [1], les méthodes diverses (*a*, *b*, *c*, *d*), qui permettent d'apprécier le niveau relatif du seuil de condensation amylogène dans les cellules d'un même organe, j'ai appliqué ces méthodes à différents cas où le caractère amylifère des cellules est très général et bien connu.

---

[1] A. Maige, *Méthodes diverses d'appréciation du niveau du seuil de condensation amylogène* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1428).

1. *Cellules stomatiques.* — J'ai étudié par les méthodes *c* et *d* le niveau comparatif du seuil de condensation dans les cellules stomatiques et dans les cellules voisines de l'épiderme et du parenchyme chlorophyllien de la feuille. Pour l'application de la méthode *c*, il est nécessaire de se procurer des cellules stomatiques au moins très appauvries en amidon. On y parvient en utilisant des feuilles de Ficaire que l'on dispose sur l'eau pendant quelques jours à l'obscurité. Si l'on fait flotter ensuite ces feuilles sur une solution de saccharose à 2 pour 100 la face supérieure seule au contact du liquide ($t = 16^\circ$-20°), on détermine après 24-48 heures la formation exclusive d'amidon dans les cellules stomatiques de la face inférieure émergée de la feuille. La disparition de l'amidon est, d'autre part, comme le fait est bien connu et facile à vérifier sur l'épiderme de la feuille ou de l'hypocotyle de Haricot, infiniment plus lente dans les cellules stomatiques où il persiste alors qu'il a disparu depuis longtemps des cellules voisines (méthode *d*).

On peut donc considérer les cellules stomatiques comme pourvues d'un seuil de condensation bien moins élevé que celui des cellules voisines de la feuille et de la tige, ce qui explique leur nature amylifère spéciale.

2. *Endoderme.* — J'ai montré dans une Note antérieure, par l'application de la méthode *c* sur les embryons de Haricot (sans cotylédons), que le caractère amylifère spécial de l'endoderme de la tige s'expliquait par le niveau plus bas du seuil de condensation. Ce résultat est confirmé par l'application de la méthode *d* qui montre, qu'après une réaction amylogène provoquée par une solution de saccharose sur les hypocotyles de Haricot, l'amidon disparaît par le jeûne beaucoup plus lentement de l'endoderme où il subsiste quand il n'existe plus depuis longtemps dans l'écorce.

3. *Coiffe de la racine.* — On peut appliquer les méthodes *a* et *d*. Si l'on prélève les extrémités de jeunes racines de blé et que l'on fasse disparaître l'amidon de la coiffe par un jeûne de 24 heures ($t = 18^\circ$-20°), on détermine la régénération exclusive de l'amidon dans celle-ci par l'action d'une solution de saccharose à 2 pour 100 pendant 12 à 24 heures. D'autre part il est facile de vérifier, sur le fragment terminal d'une racine principale de Haricot, que l'amidon disparaît plus lentement par le jeûne de la coiffe, où il persiste alors qu'il n'existe plus dans les cellules voisines (méthode *d*).

Le caractère amylifère spécial des cellules de la coiffe est donc en relation avec le niveau plus bas de leur seuil de condensation.

4. *Parenchyme vert de la feuille.* — Un certain nombre de recherches expérimentales antérieures suggèrent nettement que les cellules des diverses assises du parenchyme chlorophyllien de la feuille présentent, au moins dans certains cas, des seuils de condensation différents. Molliard, dans ses

cultures de Radis ou d'Ipomée sur glucose, signale que l'amidon se forme en abondance dans le tissu lacuneux et le parenchyme des nervures, tandis que le tissu palissadique n'en possède que dans son assise inférieure ou en est complètement dépourvu. Lidforss indique, dans ses expériences sur la régénération de l'amidon dans les feuilles transportées en hiver du dehors dans une chambre chauffée, que celle-ci a lieu au maximum dans le tissu lacuneux et au minimum dans le tissu palissadique. Si l'on observe la formation de l'amidon pendant la germination dans les feuilles primordiales du Haricot, on constate exactement les mêmes particularités; le tissu lacuneux et le parenchyme des nervures sont bourrés d'amidon, alors que le tissu palissadique n'en renferme que peu ou pas du tout.

Toutes ces observations montrent que les cellules des tissus lacuneux et du parenchyme des nervures possèdent un seuil de condensation moins élevé que celui des assises palissadiques et relèvent de la méthode *a*. On peut en faire une autre application en opérant sur les gemmules de Haricot privées d'amidon après germination sur l'eau. Si on les transporte sur une solution de saccharose à 2,5 pour 100, on obtient une réaction amylogène nulle ou très faible dans le tissu palissadique, et déjà accentuée dans le tissu lacuneux et le parenchyme des nervures. A 5 pour 100 l'amidon est nettement développé dans le tissu palissadique mais il y est moins abondant que dans les autres tissus précités. Si l'on suit de même la marche du développement de l'amidon dans les assises précédentes, on constate que son apparition est aussi plus précoce dans le tissu lacuneux et le parenchyme des nervures.

En résumé, il résulte de ce qui précède que dans tous les cas étudiés ci-dessus le caractère amylifère spécial des cellules est en relation avec un niveau moins élevé du seuil de condensation.

Cette notion physiologique apparaît donc comme jouant un rôle des plus importants au point de vue de la répartition générale de l'amidon dans la plante et de sa localisation dans certaines cellules et dans certains tissus.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'humification de la couverture morte des sols forestiers.* Note de M. **Antonin Nemec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Les matières organiques contenues dans la couverture morte des sols forestiers comprennent une réserve importante de substances nutritives pour les essences forestières. Cette réserve est constituée par la portion des

matières organiques la plus apte à subir la décomposition naturelle et à se transformer ainsi en ce qu'on peut appeler proprement l'humus. J'ai déterminé cette portion en faisant agir, d'après Robinson, sur l'humus forestier le peroxyde d'hydrogène. On rend par là solubles dans l'eau les substances organiques humifiées, tandis que les substances fibreuses, comme la cellulose et la lignine, restent insolubles.

En même temps, j'ai déterminé l'acidité pH des échantillons traités, de même que leur perte ou leur gain en azote nitrique par suite de dénitrification ou nitrification dans un temps donné (30 jours).

Mes expériences ont d'abord porté sur les couches d'humus des futaies d'épicéa et de pin sylvestre de la forêt de Jirny, près de Prague, et ont fourni les résultats ci-après :

Tableau I.

Peuplement.	Matières organiques pour 100 de matière sèche.	Matières humifiées pour 100		Acidité active *p*H.	Azote nitrique, perdu ou gagné, en mg par kg de matière sèche.
		de matière sèche.	de matières organiques.		
Épicéa, 100 ans, couvert de mousse.	54,16	12,83	23,69	3,8	— 10,25
Épicéa, 90 ans, sol couvert de mousse.	51,20	30,69	59,94	4,8	— 4,37
Épicéa, 100 ans, sol couvert de mousse.	31,21	20,62	66,07	5,0	— 0,80
Épicéa, 70 ans, sol sans végétation...	30,64	21,16	69,04	5,6	+ 4,71
Pin sylvestre, 60 ans, mousse..........	22,59	4,16	20,66	3,2	— 6,00
Pin sylvestre, 100 ans, mousse, herbe.....	18,39	6,42	34,90	4,2	— 0,50
Pin sylvestre, 100 ans, mousse, herbe, sous-étage de chêne, 10 ans..........	48,37	30,02	62,06	5,4	+ 3,20
Pin sylvestre, 30 ans, herbe, sous-étage de chêne, 10 ans,..	21,01	12,72	60,57	6,2	+ 9,77

On voit par les chiffres de ce Tableau I que la proportion des matières humifiées contenues dans le total des substances organiques monte avec l'acidité décroissante du milieu. L'humus fortement acide sous peuplements de conifères, pauvres en matières humifiées, ne produit guère l'azote nitrique.

Le Tableau II renferme les résultats des expériences faites sur l'humus des forêts de Třemošnice près de Čáslav en Bohême.

TABLEAU II.

Peuplement.	Matières organiques pour 100 de matière sèche.	Matières humifiées pour 100 de matière sèche.	Matières humifiées pour 100 de matières organiques.	Acidité active pH.	Azote nitrique perdu ou gagné en mg par kg de matière sèche.
Épicéa, 90 ans, sans végétation........	52,38	16,28	31,08	4,0	— 9,00
Épicéa, 70 ans, sans végétation........	69,29	29,39	33,88	4,8	+ 12,63
Clairière d'épicéa, 2 ans............	34,21	28,13	82,23	5,4	+108,03
Hêtre, 70 ans, sans végétation........	43,47	22,14	50,93	5,2	+ 0,17
Hêtre, épicéa, 70 ans, sans végétation....	36,85	18,34	49,77	5,1	+ 33,40
Hêtre, érable, frêne, charme, 70 ans....	28,72	21,94	76,39	6,5	+193,98

L'humus des peuplements feuillus s'est montré, dans l'ensemble, plutôt moins acide, plus humifié et particulièrement propre à la nitrification. L'humus acide de conifères, exposé après déboisement à l'action directe des rayons solaires, est rendu plus facilement soluble que celui qui se trouve sous l'ombre des couronnes des arbres.

HÉMATOLOGIE. — *Les formations lymphoïdes diffuses des Vertébrés.* Note de M. L.-M. **Bétancès**, présentée par M. F. Henneguy.

Depuis longtemps on connaît les formations lymphoïdes diffuses des Vertébrés, leur inconstance chez un même animal et chez des animaux de la même espèce, ainsi que les modifications structurales qu'elles subissent physiologiquement. Je me propose dans cette Note d'ajouter quelques faits à ceux déjà connus sur ce sujet, afin de rappeler à ceux qui cherchent à connaître expérimentalement les modifications de ces formations, après l'action de certains agents physiques ou chimiques, combien il est hardi de tirer des conclusions à ce sujet par le seul fait comparatif observé chez un animal soumis à l'expérience et un animal témoin de la même espèce.

1° Depuis les premières observations de Stannius en 1846 (Drze-

wina, 1905), tous les auteurs, qui ont étudié le rein des Poissons et des Batraciens, ont trouvé dans cet organe une formation leucopoiétique intercanaliculaire plus ou moins abondante.

J'ai observé moi-même cette formation chez tous les Poissons et les têtards de Grenouille que j'ai examinés, mais je ne l'ai pas trouvée chez les Grenouilles adultes. Lorsque j'ai injecté à ces animaux, sous la peau, $0^g,005$ de pilocarpine, j'ai vu la formation rénale apparaître, mais pas chez tous les animaux injectés.

2° Je n'ai trouvé, ni chez tous les Rajidés ni chez tous les très jeunes *Scyllium*, l'organe leucopoiétique œsophagien des Sélaciens, connu depuis Cuvier. En outre j'ai reconnu très inconstantes les formations lymphoïdes du tube intestinal des Poissons, des Anoures et des Urodèles.

3° Je n'ai jamais trouvé la formation lymphoïde du foie des Poissons, mais, parmi un très grand nombre de têtards de Grenouille, j'ai rencontré *un seul têtard* avec un organe périhépatique *identique* à celui des Urodèles. Je n'ai observé la formation lymphoïde du foie, trouvée par Turchini chez les Oiseaux, qu'une seule fois, et d'ailleurs très réduite, chez un poussin. Quant à celle du pancréas des Poissons et de certains Mammifères, je ne l'ai trouvée que chez un fœtus humain de 3 mois et demi et chez une Tortue. Celle des organes génitaux, je ne l'ai rencontrée constamment que chez les Rajidés et jamais chez les Mammifères.

4° J'ai trouvé la formation lymphoïde des glandes salivaires, de la Souris par exemple, en état parfois exclusivement lymphocitogène, d'autres fois granulocytogène.

5° Les formations lymphoïdes du tractus respiratoire sont très inconstantes chez tous les Vertébrés. En revanche j'ai trouvé chez un embryon de Poulet de 18 jours une ébauche de ganglion lymphatique cervical tout à fait typique et semblable à celui des ganglions cervicaux du Canard. Rien de plus inconstant que les formations lymphoïdes de la Grenouille; chez les jeunes têtards elles sont faciles à déceler; chez les adultes elles sont au contraire difficiles à reconnaître. En outre, j'ai trouvé dans le thymus des Souris une structure assez constante chez des animaux du même âge, mais chez des Poulets, des Cobayes et des fœtus humains du même âge la richesse lymphoïde du tissu cortical n'a pas été toujours de la même grandeur.

Les ganglions lymphatiques du Porc sont chez un même animal, et chez deux fœtus du même âge, très dissemblables quant à leur richesse en lymphocytes. J'ai trouvé chez les Porcs du même âge et dans les mêmes conditions des ganglions tout à fait différents quant à leur structure.

Je n'ai vu aucun organe d'une constitution cytologique plus dissemblable que la rate des différents Vertébrés; même chez des animaux du même type et du même âge, on trouve des différences notables sans qu'il soit possible d'en expliquer la cause.

Tandis que l'appendice du Lapin est d'une structure régulière dans toute sa longueur, celui de l'Homme ne l'est pas. Dans le stroma conjonctif de cet organe prédominent parfois les éosinophiles et les citistocytes sans que nous en sachions la cause. Leur richesse en follicules lymphoïdes est très variable.

En résumé, j'ai voulu montrer dans cette Note qu'il est très hasardeux de tirer des conclusions biologiques d'après les résultats expérimentaux obtenus sur la structure des formations lymphoïdes des Vertébrés. Ces organes n'ont pas toujours la même constitution histologique, à l'encontre d'autres organes tels que le rein, le pancréas, le foie, etc. Ils varient constamment en dehors de toute cause étrangère ou expérimentale. En général, le stroma connectif adventiciel des vaisseaux est toujours un tissu lymphocytopoiétique latent; des causes que nous ne pouvons pas encore préciser déterminent l'activité formative de ce tissu et son inactivité. Tantôt il est prolifératif, tantôt il ne l'est pas chez des animaux de la même espèce et du même âge.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Infection et immunité charbonneuses par voie péritonéale.* Note de M. **Auguste Lumière** et Mme **Montoloy**, présentée par M. Roux.

A la suite des travaux de Davaine, puis de Pasteur, un grand nombre d'expérimentateurs ont, depuis quarante ans, étudié les propriétés de la bactéridie charbonneuse et montré la sensibilité particulière de la peau à l'infection en même temps que la résistance des autres organes à la contamination.

Besredka, sans apporter aucun élément nouveau à ces observations, en a donné une interprétation absolue qui ne s'accorde pas avec certains faits expérimentaux.

Cet auteur affirme, en effet, que le cobaye est réfractaire à l'inoculation charbonneuse par toute autre voie que la voie cutanée et que la vaccination par la peau est le seul moyen de conférer l'immunité à cet animal.

Cette notion est en contradiction avec les recherches de Bachmann, Beltrami et Roma, Combiesco, Boquet, Gratia, Zironi, Neri, Glusman, Corona, Tada Shigeru, Lefranchi et Casalotti, Sanarelli, etc., qui ont

réussi à provoquer la septicémie bactéridienne par voie intra-cérébrale, sanguine, pulmonaire, splénique, sans que la peau soit, en aucune façon, intéressée.

L'infection intrapéritonéale semble plus difficile à obtenir. Cependant, L. Muller (1) vient de la réaliser en introduisant dans le péritoine de petites bougies Chamberland renfermant une émulsion de bacille du charbon.

Considérant que l'obstacle à l'infection par injection de bactéridie dans les divers organes provient sans doute de la phagocytose intense et rapide des germes, nous avons cherché, de notre côté, à protéger l'agent microbien contre l'atteinte de macrophages en opérant de la façon suivante :

Nous avons préparé des sacs de collodion renfermant 1^{cm^3} de solution de gélose additionnée de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de culture de bactéridie, afin d'enrober les germes dans une substance qui retarde ou gêne leur phagocytose; ces sacs parfaitement étanches ont été introduits dans le péritoine du cobaye puis rompus, par pression, au bout de 8 jours, après cicatrisation complète de la paroi. Tous les animaux ainsi traités sont morts de septicémie charbonneuse, sans que l'on ait observé aucune trace d'œdème au niveau de la cicatrice opératoire, alors que des cobayes témoins ont parfaitement résisté à la même dose de la même culture injectée directement dans la cavité péritonéale, en prenant toutes les précautions pour ne pas contaminer la peau.

En s'adressant aux préparations gélosées incluses dans les sacs de collodion, si l'on emploie non pas des cultures virulentes, mais des cultures atténuées habituellement vaccinales, les animaux meurent néanmoins de septicémie charbonneuse, sans doute parce que pendant les délais nécessaires à la cicatrisation, les cultures peuvent proliférer et leur virulence s'accroître, le milieu intérieur du sac étant imprégné par les liquides humoraux.

Pour éviter cet inconvénient, nous avons remplacé la gélose par la lanoline qui fixe en quelque sorte les germes et les préserve mieux encore d'un contact immédiat avec les leucocytes.

Sur 10 cobayes ainsi traités, trois sont morts prématurément de péritonite, deux ont succombé à la septicémie bactéridienne 48 heures après l'écrasement des sacs. Les 15 cobayes survivants ont été inoculés dans la peau avec 5 fois la dose mortelle de culture virulente; cette épreuve a été fatale pour

(1) Muller, *Quelques recherches sur le mécanisme de l'infection charbonneuse* (*C. R. Société de Biologie*, 93, 1925, p. 1243).

trois d'entre eux, mais la vaccination par voie péritonéale s'est montrée parfaitement efficace pour les douze autres animaux.

Il résulte de ces essais que la difficulté de l'infection et de l'immunisation charbonneuses provient bien de ce que l'agent microbien, dont les produits de secrétion sont dépourvus de chimiotactisme négatif, est phagocyté et détruit dès qu'il arrive au contact du sang; ses protéines sont disloquées par digestion leucocytaire et ne peuvent, par conséquent, plus imprégner l'organisme pendant le temps nécessaire à l'établissement de l'état réfractaire.

Il suffit d'empêcher la phagocytose par un moyen quelconque pour voir les phénomènes rentrer dans le cadre des autres infections sans qu'il soit nécessaire, pour expliquer l'exception apparente de la bactéridie charbonneuse, de recourir à une propriété spécifique inexistante des cellules cutanées.

Ces résultats confirment d'ailleurs les constatations faites par d'autres bactériologistes [1] et montrent que la notion de l'immunité locale, introduite depuis quelques années en biologie par Besredka, a bénéficié d'une extension exagérée.

On sait, d'autre part, que dans la vaccination cutanée, l'état réfractaire n'est nullement localisé aux téguments; l'immunité conférée par cette voie ne met en jeu aucun processus nouveau.

La vaccination dite locale n'existe donc pas en réalité, il n'y a jamais qu'une vaccination générale qui peut être réalisée, suivant les propriétés des germes infectants, par des artifices ou des moyens locaux ou généraux appropriés.

A 15h40m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

---

(1) E. Rivalier, *Recherches expérimentales sur l'infection et l'immunisation par la voie cutanée* (Thèse de Paris, 1924).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La systématique des roches leucitiques; les types de la famille syénitique.* Note de M. A. LACROIX.

On sait que la leucite se forme par voie ignée dans les magmas riches en potasse et présentant un déficit suffisant de silice lorsqu'ils s'épanchent à la surface ou se consolident près de celle-ci, mais que d'autre part la leucite ne se produit pas ou est instable dans les conditions de la formation en profondeur des roches plutoniques; enfin elle est très facilement transformée au voisinage de la surface sous l'influence d'agents pneumatolytiques. Tout cela explique pourquoi l'on ne connaît pas de roches leucitiques grenues de profondeur, à l'exception de la missourite, qui est d'ailleurs une roche intrusive superficielle, et de quelques autres roches (syénites, fergusite et arkite) dont la leucite est reconnaissable grâce à sa forme géométrique, mais est toujours paramorphisée en une association de néphéline et de feldspath potassique. Ce mode de transformation, représenté par l'équation

$$\underset{\text{Leucite.}}{2(SiO^3)^2Al(K, Na)} = \underset{\text{Orthose.}}{Si^3O^8AlK} + \underset{\text{Néphéline.}}{SiO^4AlNa},$$

domine toute l'histoire lithologique de la leucite.

Ces remarques, une très ancienne expérience synthétique de Fouqué et Michel-Lévy, des observations d'Iddings, enfin la découverte que j'ai faite dans les tufs de la Somma et du Latium d'enclaves homœogènes de roches grenues (sommaïtes, puglianite, sébastianite), leucitiques ou non, ayant la composition chimique de laves leucitiques prouvent que la forme de pro-

fondeur de celles-ci doit être cherchée dans des roches possédant une composition minéralogique différente de la leur.

Ce sont ces roches grenues des tufs de la Somma et des roches néphéliniques connexes auxquelles, dans ma classification lithologique, je rattache les laves leucitiques.

Leur composition minéralogique exprimée correspond, exactement ou approximativement, à la composition minéralogique virtuelle que l'on déduit de leur analyse chimique, quand on conduit le calcul en comptant en premier lieu la potasse comme orthose, alors que la forme d'épanchement correspondante possède la composition virtuelle obtenue en calculant d'abord la potasse à l'état de leucite. Dans des centres éruptifs différents, on trouve réalisée, à l'état grenu ou microlitique, l'une ou l'autre de ces formes et, dans un même centre volcanique, tel que celui du Vésuve où de gigantesques explosions ont apporté au jour de précieux documents sur l'anatomie interne de la montagne, les deux phases, leucitique ou orthosique, peuvent même coexister sous forme de laves.

En définitive, magmatiquement, les roches feldspathiques leucitiques doivent être considérées comme des phases spéciales des roches à néphéline très potassiques, elles ne constituent pas des familles distinctes, comme on l'admet généralement. Ainsi comprises, elles peuvent être légitimement distribuées dans les diverses familles des roches à néphéline dont elles constituent les termes les plus potassiques, passant, d'ailleurs, par des étapes ménagées, à d'autres, dans lesquelles la soude égale d'abord, puis l'emporte sur la potasse.

Je les place donc dans les trois familles *syénitique*, *monzonitique*, *théralitique*, d'après la valeur calculée du rapport de l'orthose au plagioclase, suivant que ce rapport est $> 1,6$, compris entre $1,6$ et $0,6$ ou enfin $< 0,6$.

Quelle que soit leur composition, toutes ces roches présentent des variétés *cryptomorphes*, dépourvues de plagioclases exprimés, bien que le calcul mette en évidence une quantité importante de ces minéraux : ils sont dissimulés soit dans un verre, soit à l'état potentiel dans les minéraux colorés. Ces variétés qui, actuellement, sont désignées sous le nom de leucitites ou de leucitbasaltes ont été confondues jusqu'ici avec un dernier groupe qui est à considérer, celui des roches qui, par suite d'une teneur plus basse en silice, ne peuvent pas contenir une quantité notable de plagioclases, pas plus au point de vue virtuel que réel. Ce sont ces roches-là seulement que je nomme *leucitites*.

Comme application de ces principes, je vais passer rapidement en revue les divers

termes de la famille syénitique dans l'ordre de leur teneur croissante en anorthite.

Formes leucocrates. — Les types sodipotassiques sont plus fréquents que les très potassiques. Une première catégorie est caractérisée par l'absence complète d'anorthite virtuelle; le nombre de molécules d'alcalis étant supérieur à celui des molécules d'alumine, il en résulte la présence d'ægyrine, ou tout ou moins d'augite ægyrinique. L'exemple de ces *phonolites leucitiques et ægyriniques*, renfermant ou non de la néphéline, peut être pris dans l'Eifel; elles correspondent à certaines syénites à ægyrine (itsindrites); il existe aussi une phase phonolitique, néphélinique, dépourvue de leucite (*analyses* 1 *et* 2).

A un autre type, la *phonolite leucitique à plagioclase*, répondent les ponces blanches de Pompéi, très leucitiques, riches en verre, généralement pauvres en feldspaths; la *tavolatite* des tufs du Latium en est une variété plus cristalline, renfermant des phénocristaux d'orthose, de plagioclase, de leucite, d'haüyne, du mélanite. Une phase néphélinique existe dans les tufs de la Somma; c'est une *phonolite potassique* fissile, dépourvue de plagioclase exprimé (*analyses* 3 *à* 5). Les formes grenues de tous ces types sont des syénites néphéliniques dont l'anorthite virtuelle est souvent dissimulée dans des métasilicates.

Les types suivants ont été jusqu'ici confondus, sous le nom de *leucittéphrites*, avec des laves plus fréquentes encore, appartenant aux familles monzonitique ou théralitique; toutefois M. Washington a proposé le nom de *vicoïte*, que je retiens, pour certaines d'entre elles, riches en orthose et en plagioclase, des lacs de Vico et de Bolsena; elles sont fort potassiques (*analyse* 7), alors que mes *campanites*, constituant l'une des roches prédominantes des tufs de la Somma, renferment moins de potasse et plus de soude (*analyse* 8). Minéralogiquement l'orthose y joue parfois un rôle réduit, au moins à l'état de phénocristaux; les campanites sont généralement très porphyriques; de gros trapézoèdres de leucite, des phénocristaux plus petits de labrador basique, d'augite verte, de hornblende, de mélanite sont distribués dans une pâte microlitique, riche en leucite et en augite, avec ou sans microlites d'orthose; les campanites passent d'une part aux phonolites leucitiques à plagioclase et d'une autre à un type monzonique.

Formes mésocrates. — A côté de ces roches, plus ou moins leucocrates, il faut en noter un petit nombre d'autres, mésocrates. Dans un premier groupe, plus potassique, la teneur en anorthite virtuelle est négligeable ou très petite. Une première variété a été décrite par M. Reinisch comme leucitbasalt; c'est la lave du volcan du Mont Gauss, dans l'Antarctique. Elle est très vitreuse, riche en phénocristaux de leucite, d'augite et d'olivine. Elle est dépourvue de feldspath exprimé; c'est une variété cryptomorphe d'une roche holocristalline riche en feldspath. Je la désigne sous le nom de *gaussbergite* et je la regarde comme la forme d'épanchement de la *fergusite*.

Un second type, de composition chimique fort voisine, contient beaucoup de phlogopite (phénocristaux et microlites), lui donnant un faciès lamprophyrique, bien que ce soit une roche épanchée; avec une composition chimique semblable, certaines variétés ont de l'orthose exprimée, d'autres en sont privées. Ces laves provenant des Leucit Hills (Wyoming) ont été respectivement décrites par M. W. Cross sous les noms d'*orendite* et de *wyomingite*.

Un dernier groupe est moins potassique, plus sodique et magnésien; la roche qui le constitue renferme à la fois de l'olivine et de la biotite; je la désigne sous le nom de *kajanite* : elle a été recueillie à Oele Kajan (Est de Bornéo). M. Brouwer en a fait un mica-leucit-basalte. Des phénocristaux d'olivine et de biotite (en partie résorbés en magnétite) sont englobés dans une masse microlitique d'augite, de leucite et de magnétite, dans laquelle sont distribués de grands pseudo-phénocristaux de biotite limpide, englobant tous les minéraux précédents. Le feldspath virtuel n'est pas exprimé. Il faut en rapprocher des laves de Serbie méridionale de composition très analogue que m'a récemment communiquées M. Kovitch; certaines variétés, hétéromorphes des premières renferment moins de leucite et, en outre, de grandes plages pœcilitiques d'orthose rappelant celles des ottajanites doléritiques de la Somma. La composition chimique de ces deux roches est fort voisine de celle du lamprophyre des Highwood Mountains, à la fois orthosique, micacé, pyroxénique et péridotique que M. Pirsson a appelé *cascadite*; peut-être cette roche renferme-t-elle aussi un peu de leucite (altérée).

Voici une série d'analyses donnant une idée de la composition chimique de ces diverses roches :

1. *Phonolite leucitique et ægyrinique*, Burberg (Eifel)......... I(II).(6)7.1.3. Raoult.
2. » *néphélinique et ægyrinique*, Bean Creek, Montana. II.'6.1.2'. Stockes, *in* Weed et Pirsson.
3. » *leucitique à plagioclase*, Pompei.................. (I)II.6.1'.3. Pisani.
4. » » » Somma................. I'.6.'2.3. Raoult.
5. » *néphélinique*, Somma.............................. I'.(5)6.(1)2.3. Raoult.
6. *Tavolatite*, Tavolato, près Rome.............................. I(II).7'.1(2).'3. Washington.
7. *Vicoïte*, Poggio Cotognola (Volc. Sabatini).................. II.6.'2.2. Washington.
8. *Campanite*, Somma.................................... 'II.6.2.3. Raoult.
9. *Gaussbergite*, Mont Gauss, Antarctique..................... II(III).6.1(2).2. Reinisch.
10. *Wyomingite*, Leucit Hills, Wyoming.......................... II(III).(5)6,1.1. Hilldebrand, *in* W. Cross.
11. *Kajanite*, Oele Kajan, Bornéo.............................. III.6.2(3).2'. Pisani, *in* Brouwer.
12. » Vouyevska Kosa, Serbie.......................... 'III.(5)6.'2. Raoult.
13. » Sveta Petka, Serbie.............................. III.6.1(2).(2)3. Raoult.
14. *Cascadite*, Arrow Peak, Highwood Mountains.............. III.7.'2.(2)3. Foote, *in* Pirsson.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
O².......	51,36	57,46	54,50	53,86	57,48	50,25	50,68	50,76	49,60	50,23	46,04	47,82	49,12	46,04
-O³......	21,25	15,40	21,70	22,92	20,77	21,41	19,46	21,35	14,30	11,22	12,40	13,43	12,61	12,23
O³......	3,91	4,87	0,80	1,50	1,21	1,76	3,96	3,21	6,91	3,34	3,54	4,47	2,60	3,86
O.......	0,64	0,87	1,98	1,36	2,03	1,82	2,51	2,53	3,05	1,84	5,58	3,04	4,57	4,60
O.......	0,43	1,37	0,54	0,62	0,29	0,31	2,24	0,51	6,54	7,09	12,60	9,81	9,84	10,38
O.......	2,08	2,59	3,20	3,70	3,10	4,48	6,78	7,36	5,45	5,99	8,38	7,64	8,36	8,97
O......	7,62	5,48	6,40	5,91	5,41	5,16	2,61	4,93	1,97	1,37	1,62	2,77	2,76	2,42
O.......	8,63	9,44	9,14	8,72	8,41	11,32	9,38	7,49	8,78	9,81	4,87	5,97	6,22	5,77
O².......	0,28	0,60	0,27	0,24	0,40	0,57	0,89	0,76	1,01	2,27	2,20	1,44	1,42	0,64
O⁵.......	0,08	0,21	tr.	0,13	0,17	0,12	0,33	0,19	0,59	1,89	»	1,46	1,24	1,14
O (+)...	3,11	0,82	0,89	0,26	0,45	0,62	0,62	0,97	0,93	1,72	3,55	1,05	0,49	2,87
(—)...	0,14	0,09	»	0,09	0,09	0,34	»	»	»	0,93	»	0,59	0,33	»
O.......	n.d.	tr.	n.d.	0,15	0,17	n.d.	»	»	»	0,05	»	0,12	0,15	»
O.......	»	0,60	»	0,13	0,13	0,13	0,15	0,19	»	1,23	»	0,14	n.d.	0,48
....	»	0,20	0,49	0,44	0,09	0,18	»	»	»	0,03	»	0,07	0,17	0,11
³........	»	0,13	»	»	0,04	1,05	»	»	»	0,74	»	»	0,04	»
	99,53	100,42 (1)	99,91	100,26 (2)	100,35 (3)	99,86 (4)	99,61	100,25	99,63	100,62 (5)	100,78	100,32 (6)	100,21 (7)	99,76 (8)

(1) CO^2 0,13; SrO 0,16. (2) CO^2 0,11. (3) CO^2 0,11. (4) CO^2 0,37; ZrO^2 0,02.
(5) F 0,50; Cr^2O^3 0,10; SrO 0,24; $(Ce,Di)^2O^3$ 0,03. (6) F 0,49. (7) F 0,29. (8) SrO 0,25.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du phosgène sur la glucine.* Note de MM. C. **Matignon** et J. **Cathala**.

Nous avons consacré une Note précédente [1] à l'étude systématique de l'action de l'oxychlorure de carbone sur la glucine, en faisant varier les deux facteurs : température et vitesse du courant gazeux. Il nous avait échappé que M. Ed. Chauvenet avait en 1911 [2] préparé le chlorure de glucinium en faisant agir le phosgène sur la glucine à 450° ; nous tenons, en toute justice, à rappeler cette antériorité.

Dans notre Note, le dernier tableau, par suite d'erreurs d'impression, doit être ainsi rétabli :

Vitesse : 1915^{cm^3} à l'heure.

mg	°	h m	mg
391	550	1.30	261
392	700	1. 1	392
287	850	0.41	430
185	450	1.10	160
383	1000	0.44	500

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1066.

(2) *Comptes rendus*, **150**, 1911, p. 87.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Composition (gaz courants et gaz rares) des gaz spontanés de quelques sources thermales de Madagascar et de la Réunion.* Note de MM. **Ch. Moureu**, **A. Lepape**, **H. Moureu** et **M. Geslin**.

Les recherches sur les sources de Madagascar et de la Réunion qui ont fait l'objet de la mission confiée à trois d'entre nous en 1923 comprenaient principalement l'étude de la radioactivité et celle des gaz rares. Dans une communication antérieure, nous avons publié les résultats relatifs à la radioactivité (¹); voici ceux qui concernent les gaz rares.

1. Nos expériences ont porté sur les *gaz spontanés* de 11 sources (8 de Madagascar, 3 de la Réunion), recueillis aux griffons par nous-mêmes (août-septembre 1923); nous en avons déterminé la composition complète (gaz courants et gaz rares), à notre laboratoire, au Collège de France.

Pour chacun des gaz l'échantillon comprend 6-10 bouteilles d'un litre environ (bouchées au liège et paraffinées), qu'on ouvre sur la cuve à mercure. Sur le gaz de chaque bouteille on dose l'anhydride carbonique (absorption par la baryte ou la potasse caustiques) et l'oxygène (absorption par le pyrogallate de potassium), puis le résidu azoté de la totalité de l'échantillon est soumis à une combustion eudiométrique et à l'étude des gaz rares. Ces derniers sont séparés des gaz ordinaires, caractérisés (par leurs spectres) et dosés dans un appareil entièrement en verre soudé et suivant une technique que nous avons déjà fait connaître (élimination des gaz courants par le calcium, l'oxyde de cuivre, la potasse fondue et l'anhydride phosphorique, fractionnement des gaz rares par le charbon de noix de coco refroidi dans l'oxygène liquide; examens spectraux en lumière visible) (²).

Nous exprimons les résultats de ces longues et délicates analyses en indiquant, pour chaque gaz, la composition centésimale moyenne, en volumes, du gaz naturel supposé sec.

(¹) Ch. Moureu, A. Lepape et H. Moureu, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 123.

(²) Ch. Moureu, *Journ. Chim. phys.*, 11, 1913, p. 63. — Ch. Moureu et A. Lepape, *Ann. de Chimie*, 4, 1915, p. 137.

COMPOSITION CENTÉSIMALE MOYENNE, EN VOLUMES, DES GAZ SPONTANÉS DE QUELQUES SOURCES THERMALES DE MADAGASCAR ET DE LA RÉUNION.

Stations et Sources.	Anhydride carbonique.	Oxygène.	Gaz combustibles. (en bloc).	Azote.	Gaz rares. Argon + tr. de Kr et Xe.	Gaz rares. Hélium + néon.	Radon (1)
			I. — Sources de Madagascar.				
1. Bassin d'Antsirabé :							
tsirabe : S. de l'Abattoir......	99,33	0,027	traces	0,63	0,011	0,0004	8,8
» S. Perrier de la Bathie.	99,19	0,022	néant ou tr.	0,77	0,013	0,0003	5,01
» S. Ranovisy	98,94	0,146	faibles tr.	0,90	0,015	0,00004 (2)	0,36
ntsirakély : S. du Nord........	98,53	0,04	0,03	1,37	0,026	0,0015	14,3
» S. du Sud........	99,27	0,03	non rech.	0,68	0,012	0,00005 (2)	0,86
ntsiravory....................	98,8	0,024	f. traces		1,16		2,61
mainandro....................	97,33	0,09	f. traces	2,51	0,062	0,0027	2,04
2. Ranomafana-s.-Namorona : de la Montagne.............	0,55	traces	f. traces	97,55	1,35	0,56	4,55
			II. — Sources de la Réunion.				
laos : S. principale............	99,08	0,03	non rech.	0,87	0,016	0,0010	3,18
» Piscine n° 1............	98,96	0,03	non rech.	0,99	0,017	0,0012	1,6
ellbourg : S. principale........	89,34	0,004	0,26	10,14	0,237	0,012	1,04

Tous ces gaz, sauf celui de Ranomafana-s.-Namorona (source sulfurée faible) qui accompagnent la venue au jour d'eaux minérales bicarbonatées sodiques, sont très riches en anhydride carbonique. Ils contiennent tous de minimes proportions d'oxygène (le résidu azoté du gaz de Ranovisy, le plus riche en oxygène, en contient 13,8 pour 100) et, généralement, des traces de gaz combustibles, du méthane probablement (les résidus azotés des gaz d'Antsirakély, source du Nord, et de Hellbourg, contiennent respectivement 2,4 et 2,5 pour 100 de gaz combustibles). Enfin, dans tous ces gaz, on rencontre les cinq gaz rares, parmi lesquels l'argon est toujours, et de beaucoup, le plus abondant. Les proportions d'hélium sont très faibles, sauf dans le gaz de Ranomafana (0,56 pour 100 d'hélium).

(1) En millimicrocuries par litre, à l'émergence.

(2) La mesure n'ayant pu porter que sur une fraction de millimètre cube, nous ne garantissons que l'ordre de grandeur de ce nombre.

Les gaz naturels, très riches en anhydride carbonique, notamment ceux des sources du Plateau Central, nous présentent communément ces divers caractères. Le fait nous paraît intéressant à signaler, étant donné que nous comparons des émergences gazeuses situées à 10000^{km} de distance les unes des autres.

2. Les données numériques du tableau précédent permettent de calculer les rapports mutuels entre les proportions des gaz chimiquement inertes (azote et gaz rares) [1]. Voici ces divers rapports :

RAPPORTS MUTUELS DES PROPORTIONS, EN VOLUMES, DE L'AZOTE ET DES GAZ RARES.

Stations et sources......	$\frac{Ar}{N^2}10^2$.	$\frac{\left(\frac{Ar}{N^2}\right)\text{gaz}}{\left(\frac{Ar}{N^2}\right)\text{air}}$.	$\frac{He}{N^2}10^2$.	$\frac{\left(\frac{He}{N^2}\right)\text{gaz}}{\left(\frac{He}{N^2}\right)\text{air}}$.	$\frac{He}{Ar}$.	$\frac{\left(\frac{He}{Ar}\right)\text{gaz}}{\left(\frac{He}{Ar}\right)\text{air}}$.
Air atmosphérique....................	1,195	1	0,00069	1	0,00058	1
			I. — *Sources de Madagascar.*			
1. Antsirabé : S. de l'Abattoir............	1,73	1,45	0,066	95	0,038	66
» S. Perrier de la Bathie.....	1,63	1,36	0,045	65	0,022	38
» S. Ranovisy..............	1,65	1,38	0,0018	2,5	0,0011	2
Antsirakély : S. du Nord...............	1,88	1,58	0,109	157	0,058	100
» S. du Sud................	1,83	1,40	0,004	6	0,002	4
Ramainandro..........................	2,47	2,06	0,104	151	0,042	73
2. Ranomafana-s.-Namorona : S. de la Montagne............................	1,37	1,15	0,57	823	0,42	717
			II. — *Sources de la Réunion.*			
Cilaos : S. principale....................	1,87	1,56	0,116	168	0,062	108
» Piscine n° 1....................	1,74	1,45	0,119	172	0,068	118
Hellbourg : S. principale.................	2,34	1,96	0,112	162	0,048	83

a. Le rapport *argon-azote* présente des valeurs voisines de celle qu'il possède pour l'air atmosphérique, conformément à la *loi de constance entre*

---

[1] Au point de vue géochimique, l'azote se comporte le plus souvent comme un gaz chimiquement inerte. Nous comptons comme « argon » le mélange argon + krypton + xénon, ces deux derniers gaz n'y figurant qu'en proportions infimes ($\frac{1}{10000}$ pour Kr, $\frac{1}{100000}$ pour Xe). Ne disposant encore d'aucun moyen pour doser le néon, nous avons admis que, dans les gaz étudiés, le rapport Ne/Ar est le même que pour l'air, hypothèse qui ne saurait s'éloigner beaucoup de la vérité; nous avons ainsi pu déduire les proportions d'hélium de celles du mélange hélium + néon que nous avons réellement mesurées.

les proportions d'azote, d'argon, de krypton et de xénon dans les gaz naturels formulée par deux d'entre nous il y a quinze ans ([1]). Ces valeurs, sauf celle fournie par le gaz de Ranomafana (seule source non bicarbonatée du tableau), sont cependant notablement supérieures à celle du même rapport pour l'air. Ainsi que nous l'avons maintes fois observé, pour les gaz naturels très riches en gaz carbonique, l'écart positif important que nous signalons ici est systématique et sa signification mériterait d'être recherchée.

b. Quant aux proportions d'*hélium*, envisageons, par exemple, les rapports qu'elles présentent avec les proportions d'argon, lorsque l'air est choisi comme terme de comparaison. Les nombres oscillent entre 2 et 717, échappant à toute loi de constance ([2]). A ce sujet les trois sources de la station d'Antsirabé présentent une variabilité surprenante, les nombres dont il s'agit se trouvent approximativement entre eux comme 1,20 et 30. Le nombre le plus élevé (717) correspond à la source de Ranomafana-s.-Namorona.

Ici encore, les gaz de ces sources bicarbonatées présentent, comme les gaz des sources métropolitaines analogues, des valeurs relativement faibles pour les rapports des proportions d'hélium à celles des autres gaz chimiquement inertes.

3. En résumé l'ensemble des caractères que nous venons de mettre en évidence établit la complète analogie des gaz des sources bicarbonatées de Madagascar et de la Réunion et de ceux des sources bicarbonatées du Plateau Central.

Il est certainement curieux de constater que les gaz des sources du bassin d'Antsirabé, dans le sous-sol duquel abondent les minéraux fortement radioactifs (bétafite, euxénite, etc.) ([3]), et, par suite, riches en hélium, contiennent des proportions de ce gaz aussi faibles que les gaz des sources bicarbonatées de la Réunion ou de notre Plateau Central, qui émergent de terrains volcaniques non radifères. Cette observation corrobore la conclusion que nous avions déjà tirée de la faible radioactivité des sources du bassin hydrothermal d'Antsirabé ([4]), à savoir : que ces sources n'ont aucune relation avec les roches uranifères profondes de la région et qu'elles doivent leur origine (eaux et gaz) au volcanisme (massif de l'Ankaratra), comme les autres sources de même nature.

([1]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 974 et 1533; 153, 1911, p. 740.

([2]) C'est le fait généralement observé, nous l'avons expliqué antérieurement (Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.*).

([3]) Cf. A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, Paris, 1922-1923.

([4]) Ch. Moureu, A. Lepape et H. Moureu, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *De l'influence du traitement thermique sur quelques alliages d'argent.* Note [1] de MM. **Léon Guillet** et **Jean Cournot.**

Les diagrammes argent-zinc et argent-cadmium, étudiés, le premier par Carpenter et Whiteley, le second par Guertler, présentent tous les deux du côté de l'argent la disposition suivante : large zone de solution solide allant de 100 pour 100 à 70 pour 100 environ d'argent (en poids); puis eutectoïde entre cette dernière limite de solubilité et les combinaisons Zn^3Ag^2 et Cd^3Ag^2. Nous avons recherché si la présence de ces eutectoïdes confirmait les récentes théories générales de la trempe.

Nous avons élaboré, à partir d'argent vierge et d'alliages intermédiaires convenablement choisis et préparés, deux alliages Ag-Zn et deux alliages Ag-Cd; la coulée a été faite en coquille chaude à des températures variant entre 900° et 1000° suivant les teneurs; les lingots, de 250^{mm} de hauteur, présentaient une section rectangulaire de 25×10^{mm}; les analyses chimiques, effectuées à la tête et au pied du lingot, ont donné les résultats ci-après, pour 100 d'argent :

	Alliages argent-zinc.		Alliages argent-cadmium.	
	N° 1.	N° 2.	N° 1.	N° 2.
Tête du lingot	69,77	62,28	59,96	49,47
Pied du lingot	69,77	62,28	59,96	49,02

Les traitements thermiques ont été faits de la façon suivante :

Recuits au four électrique à moufle; maintien à température : deux heures; refroidissement lent dans le four;

Trempes à l'eau à 15° après chauffage dans un four électrique à moufle; maintien à température : 10 minutes;

Revenus, soit au bain d'huile, soit au bain de sels (azotite de sodium et azotate de potassium par parties égales); maintien à température : 1 heure; refroidissement à l'air.

Les essais ont porté sur la dureté Brinell (bille de 5^{mm} sous 500^{kg}, temps d'application : 15 secondes) et sur l'examen micrographique; l'attaque optimum des échantillons métallographiques a été obtenue à l'aide d'une solution alcoolique d'iode à 5 pour 100 (temps variant de 45 à 150 secondes suivant les cas), la pellicule superficielle d'iodure étant ensuite dissoute dans une solution chaude d'hyposulfite de soude.

---

(1) Séance du 1er mars 1926.

Alliages argent-zinc. — Les traitements effectués et les résultats de dureté sont résumés dans le tableau ci-après :

	Alliage n° 1 à 69,77 pour 100 d'argent.		Alliage n° 2 à 62,28 pour 100 d'argent.	
Traitement subi.	Dureté Brinell.	Observations.	Dureté Brinell.	Observations.
Brut de coulée......	174	"	153	"
Recuit à 500°........	89	"	130	métal assez déformé
Recuit à 500°, puis trempé à 400°.....	90	"	84	métal assez déformé
Recuit à 500°, trempé à 400°, puis revenu à 210°...........	147	"	164	"
Recuit à 500°, puis trempé à 500°.....	113	métal assez déformé	81	métal assez déformé
Recuit à 500°, trempé à 500°, puis revenu à 210°...........	214	crisse au billage (¹)	160	"
Recuit à 500°, puis trempé à 600°.....	113	métal assez déformé	85	métal assez déformé
Recuit à 500°, trempé à 600°, puis revenu à 210°...........	212	crisse au billage (¹)	168	"

Quant à la couleur, on sait que la combinaison Zn^3Ag^2 est mauve; les échantillons trempés ci-dessus sont jaunes pour l'alliage 1 et roses pour l'alliage 2; ceux recuits ou revenus sont plus pâles.

Au microscope, nous avons trouvé :

Pour l'alliage n° 1 : A l'état recuit, deux constituants, en quantités sensiblement équivalentes, l'un inattaqué, l'autre assez fortement coloré mais ne paraissant pas être un eutectoïde; à l'état trempé à 400° une augmentation de près de moitié, du constituant foncé; pour les trempes plus fortes, disparition complète du constituant clair; quant aux revenus, ils mettent en évidence, par rapport aux structures correspondantes de trempe, une précipitation à l'état très finement divisé, à l'intérieur du constituant coloré; l'échantillon brut de coulée présente une structure intermédiaire entre celui trempé à 400° et revenu, et celui trempé à 500° et revenu. Pourtant les trois trempes ont des points de départ situés dans la zone : solution solide I et solution solide II. Il apparaît donc que le diagramme n'est pas exact dans

(¹) Un des échantillons a éclaté sous la bille.

cette région, mais les deux points importants sont les suivants : pas de constituant martensitique, l'eutectoïde supposé n'ayant d'ailleurs pu être résolu, et précipitation, par revenu, d'un constituant très divisé, comme dans le cas bien connu du duralumin, avec augmentation considérable de la dureté et de la fragilité.

Pour l'alliage n° 2 : A l'état recuit, une structure grisâtre, à grands polyèdres, ne paraissant pas très homogène et donnant l'impression d'un traitement insuffisant ; aux états trempés, un constituant unique foncé, en polyèdres ; aux états revenus, apparition, dans le constituant de trempe, de cristaux clairs assez abondants ; à l'état coulé, les deux constituants précédents.

Nous émettons encore ici des doutes sur l'exactitude du diagramme, l'alliage à 600° étant nettement dans la solution solide II, celui à 400° nettement dans la zone solution II + Zn^3Ag^2, et celui à 500° à la limite ; mais la dureté doublée par revenu s'explique bien par la combinaison reprenant sa personnalité, à l'état très divisé.

Alliages argent-cadmium. -- Les traitements ont donné ici les résultats suivants :

Traitement subi.	Alliage n° 1 à 59,96 % d'argent. Dureté Brinell.	Alliage n° 2 à 49,47-49,02 % d'argent. Dureté Brinell.
Brut de coulée	53	100
Recuit à 500°	40	119
Recuit à 500°, trempé à 400°	42	77
» » , revenu à 150°	37	115
» » , revenu à 320°	39	84
Recuit à 500°, trempé à 500°	38	86
» » , revenu à 150°	36	107
» » , revenu à 320°	37	80
Recuit à 500°, trempé à 600°	45	86
» » , revenu à 150°	44	101
» » , revenu à 320°	39	84

Ici, la combinaison Cd^3Ag^2 étant violette, les échantillons de l'alliage n° 1 sont à peu près tous uniformément jaune clair, et ceux de l'alliage n° 2 mauve clair.

L'examen micrographique des alliages n° 1 ne révèle qu'un seul constituant foncé, en polyèdres, sauf dans les cas de la trempe à 600° et des revenus consécutifs où il y a apparition d'un constituant finement réparti aux joints de grains et en petites aiguilles au milieu des grains ; à l'état

coulé, on a une structure type brut de coulée, avec des dendrites non attaquées sur fond coloré. Malgré le manque de sensibilité des essais de dureté pour cet alliage, l'apparition du second constituant, pour les trempes à température élevée, semble bien être accompagnée d'une légère augmentation de dureté.

Sur l'alliage 2, nous avons trouvé au microscope des hétérogénéités micrographiques ne permettant pas de donner de conclusions précises; les moyennes indiquées plus haut à la suite des essais Brinell sont cependant satisfaisantes, et leurs variations paraissent régulières avec les traitements.

Quant au diagramme, il nous semble très sujet à caution, tous les traitements des alliages 1 ayant été effectués dans des zones à deux constituants, et les trempes à 500° et 600° de l'alliage 2 étant parties de la solution solide II.

En résumé, dans les alliages argent-zinc, nous avons mis en vue un phénomène très net d'accroissement de dureté par revenu, analogue à celui du duralumin; pour les alliages argent-cadmium, les résultats sont moins évidents. Dans les deux cas, les diagrammes ne nous paraissent pas exactement établis; de nouvelles expériences sont en cours pour les préciser.

CHIMIE. — *Action du thallium sur les alcools ou acides dissous, et sur l'eau et l'éthanol en excès.* Note (¹) de M. **R. de Forcrand.**

J'ai montré, il y a trois ans (²), que l'hydratation de Tl^2O, qui correspond à un dégagement de chaleur faible, conduit cependant à une base très puissante. Pour compléter cette étude, j'ai cherché à comparer les quantités de chaleur dégagées par le thallium et le sodium sur divers alcools ou acides dissous dans un grand excès d'eau. C'est la réaction :

$$\text{MH dissous} + \text{Tl (ou Na)} = \text{MTl dissous (ou MNa dissous)} + \text{H}.$$

J'ai obtenu les résultats qui suivent :

	Cyclo-hexanol.	Eau.	Phénol.	Acide acétique.	Acide fluorhydrique.	Acide chlorhydrique.	Acide sulfurique $\left(\frac{SO^4H^2}{2}\right)$.
	Cal						
Tl............	−14,349	−14,654	−6,140	−0,667	+1,786	−0,954	+0,980
Na............	+44,050	+44.100	+52,100	+57,400	+60,400	+57,820	+59,789
Différ. (Na − Tl).	+58,399	+58,754	+58,240	+58,067	+58,614	+58,774	+58,810

(¹) Séance du 1er mars 1926.

(²) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 20 et 873.

Les différences sont presque identiques : $+58^{Cal},522$ en moyenne, en faveur du sodium.

Pour l'eau et le sodium, le nombre $+44,100$ est celui de M. Rengade.

Pour l'eau et le thallium, on utilise à la fois les anciennes données de Thomsen :

$$H - OTl \text{ sol.} + Aq = -3,156,$$

$$Tl + \frac{SO^4H^2}{2} \text{ dissous} = \frac{SO^4Tl^2}{2} \text{ dissous} + H = +0,980$$

et la valeur que j'ai obtenue pour la neutralisation

$$H - OTl \text{ diss.} + \frac{SO^4H^2}{2} \text{ diss.} + 15,634,$$

ce qui conduit à

$$H - OH \text{ liq.} + Tl = H - OTl \text{ sol.} + H - 11,498$$
$$H - OH \text{ sol.} + Tl = H - OTl \text{ sol.} + H - 12,928$$
$$H - OH \text{ liq.} + Tl + Aq = H - OTl \text{ diss.} + H - 14,654.$$

Pour un alcool ou acide dissous quelconque, il suffit d'ajouter à $-14,654$ (pour Tl) ou à $44,100$ (pour Na), les chaleurs de neutralisation en dissolution aqueuse étendue, soit, par exemple, avec le cyclohexanol

$$-14,654 + 0,305 = -14,349 \text{ (pour Tl)}$$
$$\text{et} \quad +44,100 - 0,050 = +44,050 \text{ (pour Na)}.$$

On peut encore déduire de ce tableau, où apparaît un écart énorme en faveur du sodium, que, tandis que le sodium réagit avec violence soit sur l'eau soit sur les divers alcools, phénols ou acides dissous, le thallium ne fournit que des nombres négatifs ou presque nuls jusqu'à l'extrémité de la liste; en fait, il ne réagit un peu que sur l'acide fluorhydrique dissous, et à peine sur l'acide sulfurique étendu. Il n'y a pas de dégagement d'hydrogène avec les alcools, le phénol et les acides faibles dissous dans l'eau.

Deux cas sont particulièrement intéressants à étudier, ceux de l'eau et de l'éthanol en excès.

Pour l'eau la réaction normale

$$H - OH \text{ liq.} + Aq + Tl = H - OTl \text{ diss.} + H,$$

n'est pas possible puisqu'elle absorberait $14,654$ avec l'eau pure, non aérée, aussi peut-on conserver indéfiniment le thallium dans l'eau pure.

Cependant, lorsque l'eau est aérée et que l'oxygène peut s'y renouveler, on constate que le thallium disparaît peu à peu, mais sans dégagement de

gaz, en formant de l'hydroxyde $H-OTl$ soluble, qui, bien que jaune à l'état solide, donne une dissolution incolore de la base.

C'est qu'alors la réaction est tout autre, c'est :

$$H-OH\text{ liq.}+Aq+Tl^2+O$$
$$=2H-OTl\text{ diss.}=+69,000-2\times14,654=+39,692\text{ pour }Tl^2$$

soit : $+19,846$ pour Tl, réaction nettement exothermique, et qui se produit dès la température ordinaire, sans dégagement de gaz.

Et c'est encore une réaction de ce genre qui permet de préparer l'éthanolate thalleux de Lamy.

Si nous mettons en présence, à froid, un excès d'éthanol (ou de tout autre alcool) et des fragments du thallium, il ne se produit aucune réaction ni en présence de l'eau, ni en l'absence de l'eau, car

$$C^2H^5-OH\text{ liq.}+Tl=C^2H^5-OTl\text{ liq.}+H\text{ absorbe }10^{Cal},372$$

mais s'il y a apport d'oxygène la réaction

$$2C^2H^5-OH\text{ liq.}+Tl^2+O=2C^2H^5-OTl\text{ liq.}+H^2O\text{ liq.}$$

donne

$$+69,000+1,052(^1)+2,432(^2)-5,080(^3)-2\times14,654(^4)=+48,256\text{ pour }Tl^2,$$

soit

$$+24^{cal},128\text{ pour Tl.}$$

Et ce nombre est voisin de $+19,846$, même un peu plus élevé.

La différence entre le cas de l'eau et celui de l'éthanol est que pour l'éthanol le composé thalleux ne se dissout pas sensiblement ni dans la faible quantité d'eau formée ni dans l'excès d'alcool. Il se sépare parce qu'il est liquide et très dense $(D=3,5)$, laissant à chaque instant à nu du thallium non encore attaqué.

Si l'on compare les deux métaux entre eux pour la même réaction, on trouve que l'écart entre $-14,654$ et $-10,372$, soit $4,282$, ou entre $+19,846$ et $+24,128$, soit $4,282$, est dû presque entièrement à la chaleur de neutralisation $+1,216$, qui n'intervient qu'avec l'éthanol, et à la chaleur de dissolution $-3,150$, qui n'intervient que dans le cas de l'eau.

---

(1) Chaleur de dissolution de $2C^2H^5-OTl$ liq.
(2) Chaleur de neutralisation de $2C^2H^5-OH$ diss. par $2H-OTl$ diss.
(3) Chaleur de dissolution de $2C^2H^5-OH$ liq.
(4) Chaleur de réaction de $2H-OH$ liq. $+Tl^2$.

Si l'on compare les deux réactions pour chaque métal, on remarque que l'écart entre $-14,654$ et $+19,846$, soit $34,500$, ou entre $-10,372$ et $24,128$, soit $34,500$, est exactement la chaleur de formation d'une demi-molécule d'eau liquide.

Dans ce dernier cas, c'est la grande chaleur de formation de l'eau qui dirige la réaction dans le sens de la formation de l'hydroxyde ou de l'éthanolate.

On connaît d'ailleurs bien des faits du même genre, par exemple l'attaque de l'argent par l'hydrogène sulfuré en présence de l'oxygène, alors que le métal reste inaltéré dans l'hydrogène sulfuré pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification des alcools aromatiques.* Note de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. *Alcool benzylique.* — L'éthérification à chaud de cet alcool a été indiquée dans une Communication précédente (1) où il était dit que le mélange de 100^{vol} d'alcool benzylique et 2^{vol} d'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ fournissait à 125°-130° l'oxyde de benzyle mêlé de quelques produits condensés.

J'ai constaté depuis lors que l'éthérification se produit lorsque volumes égaux de ces deux liquides sont abandonnés à la *température ordinaire.*

La production d'éther benzylique *à froid* s'élève à 70 pour 100 si le volume de $SO^4H^2 + 3H^2O$ est seulement la moitié de celui de l'alcool benzylique; mais il faut une huitaine de jours pour que la réaction soit complète. Elle s'achève, au contraire, en quelques heures lorsque le volume de l'hydrate sulfurique est double de celui de l'alcool et donne, dans ce cas, presque exclusivement, des carbures qui se boursouflent quand on essaie de les distiller et se prennent en une sorte de résine jaune et fluorescente par le refroidissement.

II. *Alcool phényléthylique primaire* $C^6H^5.CH^2.CH^2OH$ (benzylcarbinol). — Cet alcool s'éthérifie moins facilement que le précédent. En opérant avec un mélange de 5^{vol} de $SO^4H^2 + 3H^2O$ et de 100^{vol} de benzylcarbinol, l'éthérification n'est complète qu'après environ 4 heures d'ébullition à 150°-160°. Le rendement en éther-oxyde est dans les 80 pour 100 de la théorie.

Si, au lieu de l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$, on emploie la même propor-

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1412.

tion (5 pour 100) d'acide sulfurique concentré (66° B.), l'éthérification à 160° s'achève au bout de 1 heure, mais les carbures condensés apparaissent en plus grande quantité. Ils se forment exclusivement avec de plus fortes proportions d'acide à 66° B. et la réaction devient explosive si la température s'élève notablement au-dessus de 160°.

La production des carbures résulte : soit de la déshydratation directe du benzylcarbinol

$$(a) \qquad nC^6H^5.CH^2.CH^2OH = nH^2O + (C^8H^8)^n,$$

soit de la déshydratation de l'oxyde déjà formé

$$(b) \qquad n(C^6H^5.CH^2.CH^2)^2O = nH^2O + 2(C^8H^8)^n.$$

Si, en effet, on chauffe directement l'oxyde phényléthylique avec l'acide sulfurique concentré, on voit, à partir de 170°, le liquide brunir en même temps qu'il distille de l'eau. L'eau recueillie correspond à celle de l'équation (*b*), ce qui fournit un moyen d'identifier l'oxyde phényléthylique et de le distinguer des carbures.

J'ai essayé d'obtenir à froid cet éther-oxyde par le mélange à volumes égaux de $SO^4H^2 + 3H^2O$ et de benzylcarbinol. Après quelques jours, il s'était déposé un peu d'hydrate sulfurique sans déshydratation appréciable de l'alcool phényléthylique.

L'éther-oxyde du benzylcarbinol ne paraît pas avoir été décrit. C'est un liquide de densité $D = 1{,}014$ bouillant à 317-320° avec une légère décomposition qui donne au distillat une faible coloration jaune.

III. *Alcool phényléthylique secondaire* $C^6H^5.CHOH.CH^3$ (phénylméthylcarbinol). — J'ai montré que, dans la série grasse, la déshydratation des alcools secondaires se faisait avec moins d'hydrate sulfurique et à une température plus basse que celle des alcools primaires [1]. Il en est de même dans la série aromatique. Il suffit, en effet, avec l'alcool phényléthylique secondaire d'employer, en hydrate sulfurique, $SO^4H^2 + 3H^2O$, les $\frac{2}{100}$ de son volume pour que, dès la température de 110°, commence sa déshydratation qui s'achève en quelques minutes. De plus cette déshydratation, au lieu de s'arrêter à l'éther-oxyde, se poursuit jusqu'aux carbures, styrolène principalement, bouillant vers 146° :

$$C^6H^5.CHOH.CH^3 = H^2O + C^6H^5-CH=CH^2$$

[1] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 699.

Le styrolène C^8H^8 est accompagné du distyrolène $(C^8H^8)^2$ bouillant vers 310° et d'une faible proportion de carbures encore plus condensés.

A froid, les choses se passent autrement.

Si l'on abandonne à la température ordinaire un mélange de phénylméthylcarbinol avec le tiers de son volume de $SO^4H^2 + 3H^2O$, on voit ce mélange, d'abord parfaitement limpide, se troubler et laisser déposer, durant une vingtaine d'heures, l'hydrate sulfurique chargé de l'eau de la réaction. Après ce temps, le dépôt n'augmente plus et, séparé par décantation, il laisse un liquide qui, une fois traité par CO^3K^2, distille comme il suit :

$< 100°$	3	pour 100
100-280	7	»
280-282	84	»
282-285	6	»

La portion 280-282° est de l'oxyde phényléthylique secondaire, comme le montre son traitement à chaud par l'acide sulfurique qui donne de l'eau et des carbures.

Cet éther-oxyde que je n'ai pas vu décrit est un liquide incolore, de densité $D = 1,005$ bouillant sans décomposition à 280-282°.

IV. *Alcool cinnamique* $C^6H^5CH = CH.CH^2OH$ (γ phénylallylique, styrone). — Cet alcool avait été éthérifié, en le chauffant vers 100° avec B^2O^3, sous la forme d'un liquide jaune clair, plus lourd que l'eau, ayant la consistance d'une huile épaisse et se décomposant à la distillation.

J'ai obtenu très facilement cette huile, douée d'une odeur de romarin en chauffant un mélange de 100^g d'alcool cinnamique avec 2^{cm^3} d'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$. Vers 100°, le mélange se trouble et à 115° se produit l'ébullition que l'on maintient quelques minutes à peine.

Il se dépose une couche inférieure qui renferme tout l'acide.

La couche supérieure a l'aspect d'une huile épaisse, jaune clair qui soumise à la distillation fournit un peu d'eau à 100°, après quoi le thermomètre monte directement vers 300° et progressivement à 340°. Le liquide devient noir, indiquant la décomposition de l'éther-oxyde par la distillation.

A froid, l'éther-oxyde de l'alcool cinnamique s'obtient au bout de quelques heures par le mélange de cet alcool avec le dixième et même le quinzième de son volume de $SO^4H^2 + 3H^2O$. Si la proportion d'hydrate sulfurique atteint la moitié du volume de l'alcool, le mélange s'échauffe et se sépare rapidement en une couche inférieure d'hydrate sulfurique et en

une couche supérieure noire et épaisse qui se prend en résine par le refroidissement.

V. Il résulte de ce qui précède que la méthode catalytique d'éthérification par l'acide sulfurique, décrite pour les alcools de la série grasse, s'applique, dans la série aromatique, aux alcools primaires, secondaires et non saturés. Avec l'alcool benzylique elle donne les éthers mixtes [1], et j'ai constaté qu'elle permet de les obtenir, quoique plus difficilement, avec l'alcool phényléthylique primaire. Quant aux éthers mixtes des alcools aromatiques secondaires et non saturés je n'ai pas encore réussi à les préparer.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **E. Fournier**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **E. Roux**, **L. Mangin**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **M. de Broglie**, **M. d'Ocagne**, Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *E. Tisserand*.

CORRESPONDANCE.

M. **Léon Fredericq**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ad. Davy de Virville, *Lamarck et son œuvre*. (Présenté par M. M. Molliard.)

2° *Petite industrie chimique* (*Industrie des Métalloïdes*), par L. Hackspill et P. Remy-Genneté. (Présenté par M. C. Matignon.)

---

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1413.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la vitesse des brins mou et tendu d'une courroie.* Note [1] de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les vitesses v et V du brin mou et du brin tendu d'une courroie sont reliées entre elles par la relation

$$\frac{V-v}{v}=\frac{T-t}{Es}, \tag{1}$$

où T représente la tension du brin tendu, t celle du brin mou, E le coefficient d'élasticité de la courroie de section s. MM. Auclair et Boyer-Guillon [2] ont donné, dans leur importante étude sur les courroies, une démonstration de cette formule que M. Rateau simplifia considérablement [3] en remarquant que les vitesses du brin tendu et du brin mou sont entre elles dans le rapport des longueurs qu'un même élément matériel prend dans le brin tendu et dans le brin mou, de sorte que si l'on désigne par ΔL l'accroissement de longueur que prend un élément de courroie quand il passe de la longueur L qu'il a dans le brin mou à la longueur $L'=L+\Delta L$ qu'il prend dans le brin tendu, on peut écrire

$$\frac{V-v}{v}=\frac{\Delta L}{L}. \tag{2}$$

Les deux formules sont évidemment équivalentes à condition toutefois que le coefficient d'élasticité de la formule (1) *se rapporte à l'allongement créé dans les mêmes conditions de passage de la tension du brin mou à celle du brin tendu et pour la même courroie.*

La seconde forme est cependant plus simple à contrôler en ce sens qu'il n'y a pas lieu de calculer les coefficients d'élasticité mais qu'il suffit de mesurer les allongements de la courroie sous l'action des mêmes variations de tension que dans le fonctionnement.

Dans les expériences suivantes, une courroie de $6^{m},50$ de longueur totale relie les deux poulies de 20^{cm} de diamètre de deux dynamos frein

(1) Séance du 1er mars 1926.

(2) *Bulletin du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers*, Librairie Béranger, Paris, 15, rue des Saints-Pères, 21, 1924, p. 16.

(3) *Loc. cit.*, p. 17.

installées comme dans les expériences de MM. Auclair, Boyer-Guillon et Coulmeaux [1] :

1° A l'aide de la méthode stroboscopique du chariot tandem décrit dans une Note précédente [2], on mesure la différence des nombres de tours faits par les deux roues placées entre les deux brins, l'une touchant le brin mou, l'autre le brin tendu, dans deux expériences successives : la première où la génératrice est en charge, la seconde où elle fonctionne à vide. La différence du nombre des traînées de lumières perçues par minute dans ces deux expériences et pour la même vitesse de la motrice représente la différence des vitesses $V - v$ évaluée en nombre de tours de roues. Le nombre de tours v de la roue qui touche le brin mou se déduit de la vitesse de la poulie de la génératrice, de son diamètre et de celui des roues; le rapport $\frac{V-v}{v}$ s'évalue ainsi avec une grande précision. On a noté pour la même expérience, par la méthode utilisée par les auteurs précités, la somme et la différence des tensions du brin mou et du brin tendu, ce qui permet de déterminer les tensions de chacun de ces brins.

2° On mesure d'autre part l'allongement relatif par une méthode *statique*. On détermine à cet effet les longueurs que prend un élément de courroie compris entre deux traits pratiqués sur celle-ci et distants d'environ 2^m quand la tension passe de la valeur qu'elle avait dans le brin mou à celle du brin tendu.

A l'aide d'un système de vis sans fin, on pousse ou on tire l'une des dynamos, de façon à tendre ou détendre les deux brins de la courroie sans à-coups.

On donne d'abord à chacun des brins une tension égale à celle du brin mou dans le fonctionnement en charge de l'expérience précédente; les dynamos n'étant pas sous courant. Afin d'y parvenir et dans le but de faire passer la courroie par les mêmes états de tension que dans le fonctionnement en charge, on fait tourner les poulies à la main de façon à faire exécuter à la courroie un tour entier.

Les brins étant également tendus, la tension totale mesurée est double de la tension du brin mou; on relève avec un double mètre divisé en millimètres la longueur comprise entre les repères.

On refait les mêmes séries d'opérations et de mesure en donnant progressivement aux deux brins de la courroie la tension du brin tendu dans le fonctionnement en charge de l'expérience stroboscopique.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 36.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 441.

Les expériences sont faites à diverses charges sur une courroie en cuir de 400^{mm^2} de section et sur une autre en balata de 320^{mm^2} se déplaçant à la vitesse de 10 à 11^m par seconde. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Nature de la courroie.	Tension par millimètre carré des brins mou et tendu.	$\frac{\Delta L \times 10^3}{L}$.	En tours de roue. $V - v$.	v.	$\frac{V - v . 10^3}{v}$.
Balata	103 à 183^g	2,5	4	1420.	2,75
	78 à 250	5,9	6,5	1370	5,15
Cuir	88 à 155	4,25	4,1	1480	2,75
	62 à 175	8	9,0	1520	7

On remarquera en général que le rapport mesuré statiquement dépasse le rapport $\frac{V - v}{v}$ d'une fraction supérieure aux erreurs d'expérience, ce que l'on peut expliquer en supposant que les variations de tension opérées dans la courroie en mouvement provoquent des variations de longueurs plus faibles que dans la méthode statique.

La formule (1) se trouve néanmoins vérifiée avec assez de précision pour qu'il soit possible de tirer, des changements de vitesse observés dans le fonctionnement des courroies, des indications pratiquement assez exactes sur les variations corrélatives de tension.

PHYSIQUE. — *Sur une onde précédant l'onde explosive.* Note (¹) de MM. **J. Ottenheimer** et **R. Dubois**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans deux Notes récentes (²), M. Jouguet, analysant entre autres les travaux de M. Lafitte, étudie le mécanisme de l'onde explosive et signale que l'établissement de l'onde explosive est précédé d'une propagation plus rapide, passant progressivement à l'onde explosive proprement dite.

Nous signalons que le 31 mai 1923, nous avons observé dans les conditions qui vont être exposées ci-après, un phénomène comparable. Nous nous proposions d'enregistrer les phénomènes accompagnant l'explosion sous-marine de charges de mélinite, en utilisant la méthode suivante :

1° Réception par microphone très amorti (appareil électromagnétique

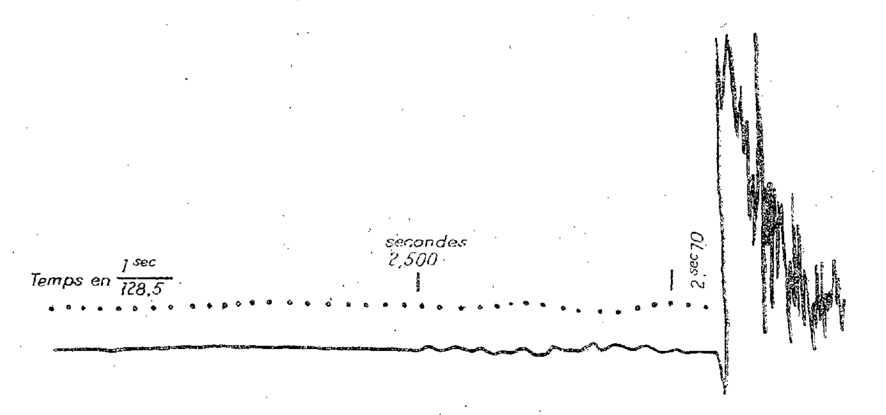
(¹) Séance du 8 février 1926.
(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 546 et 658.

à levier amorti par l'huile de vaseline, dont les notes propres sans huile étaient 700 et 1 100 vibrations par seconde);

2° Amplification très modérée, mais ne déformant pas, par amplificateur à contre-batterie à 3 lampes (amplifie cent fois);

3° Enregistrement par oscillographe Dubois apériodique (oscillographe téléphonique amorti), dont le miroir dévie le faisceau lumineux émis par un trou éclairé par un arc Garbarini.

La charge employée était placée à 700^{m} du navire sur lequel étaient installés les appareils de mesure.



L'explosion a produit une déviation du spot extrêmement nette et caractéristique, ainsi qu'il résulte de l'oscillogramme reproduit ci-dessus. Les échos sonores n'ont pas influencé l'appareil, grâce à son amortissement considérable, qui diminue beaucoup sa sensibilité aux sons prolongés, tandis que sa période propre très courte lui permet de suivre fidèlement les phénomènes instantanés. L'oscillogramme montre en outre l'existence d'une onde musicale à fréquence 60 environ, durant environ $\frac{2}{10}$ de seconde, qui est trop nette pour être due à un phénomène sonore étranger, se produisant précisément au moment de l'explosion; car le montage n'était pas assez sensible pour enregistrer des sons ordinaires. D'ailleurs le spot du temps semble indiquer une légère vibration de la coque métallique du bâtiment. Cette onde musicale est suivie de l'onde comprimée à front très raide, correspondant à une très grande pression instantanée.

Pour expliquer la différence de temps entre l'arrivée de la première onde et celle de l'onde explosive, on peut faire les hypothèses suivantes :

1° La première onde a pris naissance antérieurement à l'onde explosive proprement dite, hypothèse qui serait en accord avec les observations anté-

rieures. Dans ce cas, on ne peut rien dire sur sa vitesse de propagation. Si l'on admet que les deux ondes se sont propagées à la même vitesse, les phénomènes qui leur ont donné naissance se seraient produits à un intervalle de l'ordre de $0^s,2$, ce qui n'est pas vraisemblable, étant donnée la durée totale de l'explosion.

2° Les deux ondes ont pris naissance en même temps. Étant donnée la distance du centre d'explosion à l'appareil enregistreur, la différence de temps observée indique que la première onde a une vitesse moyenne d'environ 50^m supérieure à la deuxième, si l'on admet que l'onde explosive s'est propagée dans l'eau à partir de quelques mètres du centre d'explosion avec la vitesse du son, soit 1450^m.

3° Il est plus probable que les deux ondes n'ont pas pris naissance simultanément, que leurs vitesses étaient initialement égales à la vitesse de détonation de l'explosif (de l'ordre de 5500^m à la seconde), mais que la vitesse de la première est tombée moins rapidement que celle de l'onde explosive proprement dite, ce qui explique la différence de temps importante ($0^s,2$) observée.

Cette onde particulière, dont l'existence ne saurait être mise en doute, étant données les conditions expérimentales, est à rapprocher de l'onde signalée par MM. Jouguet et Lafitte.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Mesure de la mobilité des ions dans les gaz.* Note [1] de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Jean Perrin.

Je me suis proposé de déterminer les mobilités des ions dans les gaz par une méthode qui permette d'établir s'il existe ou non des ions de mobilités différentes et, dans le premier cas, d'évaluer les proportions relatives des ions des différentes mobilités.

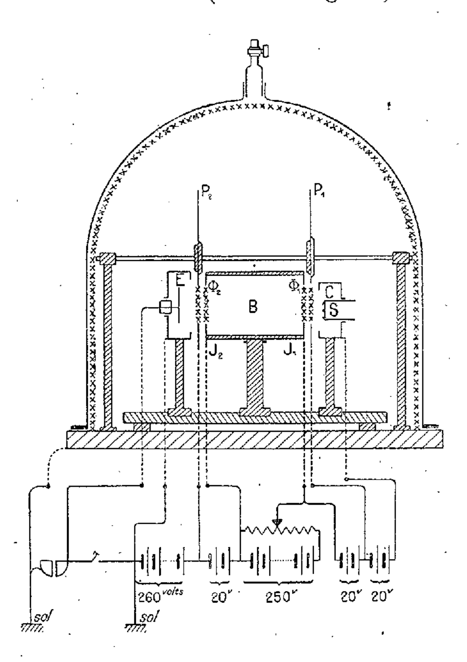
La méthode [2] est analogue à celle de la roue dentée utilisée par Fizeau pour mesurer la vitesse de la lumière. Les ions sont produits par les rayons α émis par un dépôt très actif de polonium S à l'intérieur d'une chambre métallique C. Deux plateaux P_1 et P_2, circulaires, de 10^{cm} de rayon, de $\frac{4}{10}$ de millimètre d'épaisseur, centrés sur un même axe horizontal

(1) Séance du 22 février 1926.

(2) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1028.

de rotation, portent une ou plusieurs fenêtres, dont le nombre et la disposition ont varié au cours de différentes séries d'expériences. Ces fenêtres sont des portions de secteurs circulaires, limitées par 2 arcs de circonférences centrées sur l'axe de rotation des plateaux. L'angle d'ouverture de ces secteurs est de $\frac{1}{10}$ de radian. Entre les 2 plateaux est placée une boîte B constituée par un cylindre d'ébonite dont les extrémités sont fermées par deux joues métalliques (à 62^{mm} l'une de l'autre) qui portent chacune une fenêtre Φ_1 et Φ_2 identiques aux fenêtres des plateaux. Ces plateaux tournent dans des plans parallèles aux joues, à une distance de 2^{mm} seulement de celles-ci; les fenêtres pratiquées dans les joues se trouvent obturées sauf pendant les instants où les fenêtres que présentent les plateaux défilent devant elles.

En face du plateau P_2 est une électrode E munie d'un anneau de garde. La chambre, la boîte et l'électrode sont portées par des pieds isolants fixés à un plateau de fonte dont le bord est rodé. Sur ce rodage peut se poser une cloche de verre munie d'un robinet (voir la figure).



Des joints étanches laissent passer l'arbre de transmission permettant la mise en mouvement des plateaux et les fils amenant la tension. Une étanchéité à peu près parfaite est réalisée qui permet d'opérer dans des gaz propres et sous différentes pressions.

Au moyen d'un dispositif potentiométrique, la chambre C, le plateau P_1, les joues J_1 et J_2, le plateau P_2, l'électrode et son anneau de garde peuvent être portés à des potentiels étagés de façon que, si nous supposons les plateaux immobiles, toutes les fenêtres étant en regard, les ions d'un signe sont rejetés sur les parois de la chambre de production, les ions de l'autre signe entraînés par le champ électrique à travers les différentes fenêtres, qui sont grillagées, jusqu'à l'électrode E qui les recueille. Une cloche formée d'un grillage métallique s'emboîte à l'intérieur de la cloche de verre, elle est réunie au sol ainsi que le plateau de fonte.

Les ions ne peuvent entrer dans la boîte que lorsqu'une fenêtre du premier plateau P_1 et celle Φ_1 de la première joue sont en regard; ils ne peuvent sortir que lorsque la fenêtre Φ_2 de la deuxième joue et une fenêtre du second plateau sont en regard. Si les fenêtres étaient infiniment étroites, la durée de trajet t des ions serait ainsi exactement déterminée pour chaque vitesse de rotation des plateaux et, dans l'hypothèse d'une seule mobilité, à chaque valeur de t ne devrait correspondre qu'une seule valeur de la tension permettant l'arrivée des ions à l'électrode.

En désignant par K cette mobilité, on aurait $K = \frac{l^2}{Vt}$; l, distance des joues; V, tension entre les joues. L'expérience consiste à mesurer l'apport des charges, soit 1° en laissant fixe la vitesse de rotation des plateaux et en variant la tension entre les joues; soit 2° en laissant cette tension fixe et faisant varier la vitesse de rotation.

Les expériences ont porté sur l'air, l'oxygène et l'azote humides ou secs, le gaz carbonique sous différentes pressions, l'argon. Pour tous ces gaz, il a été nécessaire de conclure qu'il existe des ions de différentes mobilités dont les valeurs sont comprises entre deux limites nettement différentes. Les valeurs, peu concordantes d'ailleurs, données par différents expérimentateurs, se placent entre ces limites.

L'appareil décrit fonctionne comme une sorte de spectromètre à mobilités; il permet d'évaluer les proportions relatives des ions des différentes mobilités dans un spectre qui apparaît comme continu, tout au moins dans les limites du pouvoir séparateur.

Les résultats obtenus, pour l'air par exemple, sont les suivants :

	Ions.	Ions.
Air sec	K_1 compris entre 0,9 et 2 avec un maximum pour $K = 1,27$.	K_2 compris entre 1,3 et 3,3; maximum, 2,14.
Air saturé (de vapeur d'eau)	K_1 compris entre 0,9 et 2,3, maximum pour 1,47.	K_2 compris entre 1,3 et 2,8; maximum, 1,80.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude sur le fonctionnement d'un tube à rayons positifs.* Note [1] de M. **Max Morand**, présentée par M. A. Cotton.

1. J'ai déjà indiqué [2] comment j'ai été conduit à étudier l'émission de rayons positifs produite dans un tube à vide par une anode de forme pointue, recouverte de sels et légèrement chauffée. Dans le but d'utiliser ce dispositif pour obtenir la séparation des isotopes du métal contenu dans le sel, j'ai fait construire un tube métallique où la déviation de ces rayons par un champ magnétique intense peut être commodément observée. L'étude du fonctionnement du tube sans champ magnétique m'avait conduit à interpréter le phénomène de l'émission comme un arrachement d'ions positifs à la surface du sel de l'anode, arrachement dû au champ électrique considérable qui règne au voisinage de la pointe et favorisé par l'agitation thermique communiquée à ces ions malgré l'état solide du sel. Ce phénomène correspond donc d'une manière remarquable à ceux qui donnent naissance aux rayons cathodiques dans les tubes de Lilienfeld et de Coolidge. Mais l'émission de rayons positifs étant beaucoup plus difficile à produire que celle d'électrons, il est nécessaire de combiner ensemble les avantages de ces deux dispositifs.

Les premiers essais de fonctionnement dans un champ magnétique ont pleinement confirmé cette explication.

2. L'anode, située à quelques millimètres de la cathode percée d'une fente afin de laisser passer les rayons positifs, s'est trouvée dans un champ magnétique intense. A la faveur d'une ionisation complexe un champ magnétique semblable aurait rétabli la décharge ordinaire avec une grande intensité, si le vide dans le tube était insuffisamment poussé. L'action du champ magnétique est au contraire très favorable à la pureté de l'émission. A part de rares décharges parasites instantanées, dues sans doute au champ magnétique [3], on constate que celui-ci balaie latéralement, sous forme de rayons magnéto-cathodiques, tous les électrons gênants. L'anode, qui est ordinairement bombardée par eux, reste alors vierge et la température de la pointe est purement fonction du chauffage auxiliaire qu'on lui communique; on

---

(1) Séance du 1er mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 544.

(3) Quand il y a un dégagement accidentel un peu abondant.

évite ainsi tout phénomène d'emballement qui a pour effet de volatiliser rapidement le sel déposé.

La température de la pointe étant toujours parfaitement définie, la valeur du champ électrique nécessaire au fonctionnement du tube est parfaitement déterminée. Avec la forme d'anode et de cathode utilisée ce champ moyen utile est de l'ordre de 50000 volts : cm pour une température légèrement inférieure à la température de fusion du mélange de sels utilisé (en l'absence de champ magnétique et avec bombardement cathodique de l'anode, ce champ serait plus mal défini et de l'ordre de 20000 volts : cm). En dehors du voisinage de la pointe, le champ électrostatique entre l'anode et la cathode est sensiblement uniforme. Cette valeur ne varie guère pendant le fonctionnement à très faible débit; elle reste en effet constante quand on fait varier la distance de l'anode à la cathode de 2 à 20^{mm} : la différence de potentiel reste proportionnelle à cette distance. Ceci prouve que la chute de potentiel anodique est assez faible (quelques milliers de volts) et que la décharge ne modifie pas sensiblement la répartition électrostatique des potentiels. L'arrachement des ions est bien dû à un champ électrique parfaitement déterminé, qui suffit seul à produire l'émission, sans phénomène d'ionisation complexe, dont l'existence modifierait profondément la répartition des potentiels.

3. Ces résultats ont été entièrement confirmés par l'étude de la déviation magnétique des rayons positifs. On a ainsi une analyse précise de la répartition des vitesses et l'on peut déterminer facilement le lieu de formation des ions en connaissant la différence de potentiel traversée par chacun d'eux.

Pour un débit faible, les faisceaux de rayons positifs de lithium donnent deux raies fixes à bords nets, dues aux deux isotopes du lithium, dont la largeur est uniquement fonction de l'ouverture du faisceau. Tous les rayons positifs de même nature ont la même vitesse; ils ont traversé exactement la même différence de potentiel et l'on peut vérifier par la position des taches que c'est la différence de potentiel totale. Le phénomène d'émission est parfaitement pur et dépourvu de phénomènes secondaires d'ionisation ou de neutralisation par chocs. L'émission restant très peu intense, les halogènes libérés par le départ des ions de lithium sont évacués rapidement et l'anode n'est entourée d'aucune atmosphère susceptible de donner naissance à des phénomènes plus complexes.

Quand le débit augmente, les raies deviennent moins nettes du côté de la plus grande déviation, ce qui indique la présence de rayons positifs plus

lents. Au voisinage de la pointe, certains rayons positifs ont été neutralisés, puis ionisés à nouveau par bombardement. Les halogènes, en quantité plus abondante au voisinage de la pointe, provoquent des rencontres et des chocs; il s'établit une espèce d'équilibre d'ionisation entre toutes les particules présentes (ions positifs émis, particules neutres d'halogènes, de vapeurs de sel). La présence locale de nouveaux ions formés permet l'établissement d'une sorte de régime d'arc dû à l'apport d'ions négatifs et d'électrons sur l'anode. Ce régime est tout à fait défavorable à la pureté de l'émission et à l'homogénéité des rayons positifs, bien qu'il paraisse permettre d'atteindre de plus gros débits. Mais alors le rendement en rayons positifs ne s'améliore guère puisque le courant transporté l'est seulement à la faveur d'autres ions.

L'étendue des taches formées après déviation des faisceaux montre que ces phénomènes complexes sont localisés au voisinage même de la pointe, dans un espace qui correspond à la chute anodique anormale, ils correspondent à une variation de la différence de potentiel traversée qui n'est qu'une fraction de la différence de potentiel totale.

PYROMÉTRIE. — *Influence de la température extérieure sur la température des lampes pyrométriques étalons.* Note [1] de M. G. **Ribaud**, présentée par M. A. Cotton.

L'expérience montre [2] qu'une lampe à filament de tungstène, bien construite et soigneusement vieillie, alimentée dans des conditions identiques, fournit, pour un même point du filament, une température toujours identique, avec une incertitude inférieure à 1 degré, à la condition de ne pas dépasser 1800° C. Étant donnée l'extrême précision que l'on peut attendre de telles mesures nous avons été conduit à étudier l'influence de la température extérieure sur la température apparente T du filament. Les mesures de températures ont été faites au micropyromètre à coins absorbants.

Alimentation à intensité constante. — *a. Filament très long.* — Si le filament est assez long pour que le refroidissement par les supports ne se fasse pas

---

[1] Séance du 1er mars 1926.

[2] Forsythe, *Astroph. Journ.*, 58, 1923, p. 294; *Phys. Review*, 21, 1923, p. 704. — Ribaud, *Communication à la Société française de Physique*, Section de Strasbourg, Bull. 226, 1926, p. 23 S.

sentir dans la partie centrale, on a, pour un élément central de résistance ρ parcouru par le courant i

$$(1) \qquad \rho i^2 = A\,(T^4 - \theta^4).$$

Aux températures élevées que nous considérons on a très sensiblement

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dT}{T};$$

si l'on opère à intensité constante et si θ varie, l'équation (1) fournit

$$dT = \frac{4}{3}\frac{\theta^3}{T^3}d\theta.$$

b. Influence du refroidissement par les supports. — Dans (1) il convient d'ajouter à $A(T^4 - \theta^4)$, un second terme dû à la conductibilité thermique et proportionnel au gradient de température. On pourrait expliciter ce gradient (¹); bornons-nous à mettre la perte de chaleur par conductibilité sous la forme approchée $B(T - \theta)$; l'équation (1) modifiée, fournit alors, à intensité constante

$$dT = \frac{4}{3}\frac{\theta^3}{T^3}d\theta + \frac{c}{3r}d\theta,$$

c désignant la partie de chaleur par conductibilité et r la perte de chaleur par rayonnement, pour la partie centrale du filament.

Si $\frac{c}{r}$ est égal à $\frac{1}{10}$, dT est 4 fois plus grand que dans le cas d'un filament très long. Pour T et θ donnés c varie proportionnellement au carré du diamètre, alors que r varie proportionnellement au diamètre du filament; *les filaments gros et courts comportent de très notables corrections.*

L'expérience confirme ces conclusions : pour $T = 1500°$K, et pour $d\theta = +100°$ deux filaments de longueur 5^{cm} et de diamètres $0^{mm},06$ et $0^{mm},35$ ont fourni respectivement $dT = +3°$ et $dT = +24°$.

Variation de la résistance totale du filament. — Pour un filament de diamètre $0^{mm},06$ (longueur : 4^{cm}) la variation relative $\frac{dR}{R}$ s'exprime en fonction de T, par la relation $\frac{dR}{R} = a\frac{dT}{T}$, le coefficient a est pratiquement indépendant de T entre 1200° et 2200°K ($a = 1,5$ environ). La variation

(¹) Worthing, *Phys. Review*, 4, 1914, p. 523.

relative de R, pour T constante (1500°K) et pour une élévation $d\theta$ de la température extérieure était donnée par $\frac{dR}{R} = b\,d\theta \left(b = \frac{1}{6000} \text{ environ}\right)$.

Alimentation a résistance constante. — Si l'alimentation se fait à résistance constante on a

$$a\frac{dT}{T} + b\,d\theta = 0.$$

Dans le cas du filament ci-dessus cette expression fournit, pour $T = 1500$°K et pour $d\theta = +100°$ un accroissement $dT = -17°$; la mesure directe a donné $-19°$.

On peut réaliser un dispositif d'alimentation à résistance constante absolument indépendant des variations de température extérieure en constituant la branche de pont voisine du filament par une résistance de coefficient de température $\frac{1}{6000}$ obtenue par exemple en ajoutant à une résistance de manganine une résistance, de coefficient de température égale à $\frac{1}{300}$ (cuivre), égale au $\frac{1}{20}$ de la résistance à réaliser.

Alimentation a voltage constant. — L'alimentation à voltage constant conduit à faire subir au courant d'alimentation i une variation relative égale à $-\frac{dR}{R}$.

L'équation (1), complétée du terme de refroidissement par les supports, fournit alors, après simplifications :

$$dT = -\frac{bT}{3}d\theta + \frac{c}{6r}d\theta + \frac{2}{3}\frac{\theta_3}{T_3}d\theta.$$

Dans la majeure partie des cas le terme $\frac{bT}{3}d\theta$ est prépondérant, dT est alors de signe contraire à $d\theta$.

Pour un filament de diamètre $0^{mm},06$, pour $T = 1500°$ K. et pour $d\theta = +100°$ le calcul fournit $dT = -8°$ et la mesure directe $-15°$.

Les considérations précédentes peuvent s'étendre, sans grandes modifications, au cas des lampes tares pour photomètres dans lesquelles on recherche une intensité lumineuse constante.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Les pistons en aluminium, en alpax et en magnésium.* Note (¹) de M. **R. de Fleury**, présentée par M. Mesnager.

On sait le rôle actif fondamental de l'effet de paroi dans le rendement des moteurs à combustion. Or le problème du piston en particulier est dominé par l'effet de parois. On sait le rôle joué par l'emploi des métaux légers.

A cet égard un piston à fond mince n'est pas un bon piston; il reste chaud, s'encrasse, se dilate exagérément, nécessitant de grands jeux, même si le métal est peu dilatable. Par sa température, il provoque la dilatation des gaz admis en réduisant d'autant le remplissage et le rendement du moteur. S'il est nervuré, il rayonne en outre de la chaleur dans l'intérieur des carters et dans le mécanisme, et fluidifie les lubrifiants.

Un piston à fond épais, en métal conducteur, en évacuant rapidement les calories vers les parois en contact avec la circulation d'eau, élimine tous ces inconvénients. Mais, dans cet esprit, mal tracé, il reste souvent trop lourd, pour les moteurs rapides spécialement. C'est le cas des pistons concaves intérieurement, qui conservent en outre des zones locales chaudes, nuisibles au centre, lorsqu'on veut les alléger.

Les formes des fonds qui m'ont donné *simultanément* le maximum d'efficacité et de légèreté, correspondent pour un piston à fond extérieur plat à un profil intérieur constitué par la section d'un cône ou d'un dièdre préférablement à *génératrice convexe* intérieurement. Ces pistons se sont révélés *plus légers* que n'importe quelle autre forme, même nervurée, spécialement dans les métaux les plus légers. Pratiquement, leur faible jeu, même avec des métaux à grande dilatation, démontre leur fonctionnement à température relativement basse.

Cette forme se justifie théoriquement par le fait que, la conductibilité de la matière n'étant pas infinie, la longueur des lignes d'écoulement à parcourir par les calories, depuis les sections élémentaires d'absorption et d'évacuation, du centre à la périphérie, peut assez bien être assimilée à un bras de levier d'application élémentaire, dont la sommation des moments définit le profil optimum, pour le minimun de matière mise en œuvre.

Pour évaluer en outre l'influence propre de la matière, on peut prendre

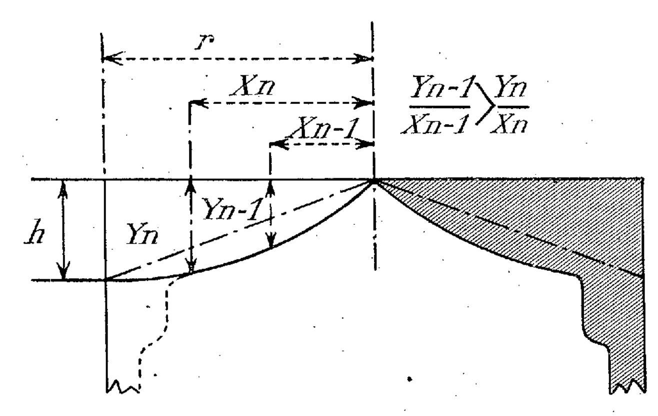
---

(¹) Séance du 1er mars 1926.

comme unité, pour ainsi dire, les caractéristiques de l'aluminium-cuivre, comparées à celles de l'alpax et du magnésium :

	Aluminium 12 °/₀ de cuivre.	Alpax.	Magnésium forgé (¹).
Densité	1	0,9	0,6
Conductibilité calorifique	1	1,3	1,5
Coefficient de dilatation	1	0,9	1,2

La moindre densité de l'alpax et du magnésium permet d'augmenter l'épaisseur des fonds de pistons de ces métaux en doublant et quadruplant celle de l'aluminium-cuivre respectivement *sans accroître le poids* de l'organe dans son ensemble, au contraire.



Si l'on prend comme unité de comparaison l'épaisseur d'un fond de piston aluminium-cuivre, soit 1; les capacités d'évacuation de chaleur pour trois pistons *de poids égal* en aluminium et en alpax et en magnésium seront comme les valeurs suivantes du produit de l'épaisseur par la conductibilité calorifique :

	Conductibilité globale du fond.	Accroissement d'efficacité.
Aluminium 12 p. 100 de cuivre.	$1 \times 1 = 1$	
Alpax	$1,3 \times 2 = 2,6$	160 pour 100
Magnésium	$1,5 \times 3 = 4,5$	350 »

Bref, envisagé dans l'ensemble du problème à la fois mécanique et thermodynamique, le meilleur métal pour exécuter un piston d'un poids limite donné, sera celui dont le produit des nombres mesurant ses propriétés

(¹) Sur l'influence des constituants des alliages, voir PORTEVIN, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 382.

physiques suivantes :

$$\frac{\text{Conductibilité calorifique}}{\text{Dilatabilité} \times \text{densité}}$$

sera plus grand.

Mais un piston mal tracé, même s'il est exécuté avec le meilleur métal, peut, fonctionnant chaud, nécessiter des jeux élevés et par là conduire aux mille artifices de pistons baroques, multinervurés ou de pistons extensibles, ou sectionnés, ou en plusieurs pièces hétérogènes, expédients qui ne font que souligner l'omission du facteur essentiel des parois et, par suite, précisément les difficultés ou les erreurs d'interprétation de la mise en œuvre.

Au contraire, quand le métal a été correctement mis en œuvre, la pratique conduit à constater que la meilleure forme d'un piston, la plus efficace, thermodynamiquement parlant, et la plus légère à la fois, celle comportant les moindres jeux, semble bien rester la forme monobloc la plus classique, la plus simple, sans nervures intérieures, avec comme seul élément essentiel, le tracé rationnel du fond, dans sa fonction de paroi.

L'avantage relatif d'un tel tracé est d'ailleurs d'autant plus grand que l'on a affaire à un métal de meilleure conductibilité et de plus faible densité, et à de plus grands alésages.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude de la triboluminescence.* Note (¹) de M. **W. Perschke.**

Du point de vue de l'étude de la triboluminescence et de la phosphorescence, le ZnS est fort intéressant, car il peut être à la fois phosphorescent et triboluminescent.

Quant à la cause de la phosphorescence du ZnS, on peut considérer maintenant comme établi qu'elle dépend de la présence dans l'échantillon d'alliages d'éléments rares In, Ga, Ge en quantité minime. L'absence complète de ces éléments fait que le ZnS n'est pas phosphorescent (²).

On obtient ZnS parfaitement triboluminescent en faisant rougir au four électrique du ZnS artificiel, auquel on a ajouté des traces de sels de Mn, Bi.

(¹) Séance du 22 février 1926.

(²) Bogoiawlensky, *Swetiaschiecja sostawy,* Petrograd, 1919, p. 25. — Urbain, *Comptes rendus,* **149**, 1909, p. 602.

Ces alliages sont en plus d'ordinaire faiblement phosphorescents. J'ai fait préparer un échantillon de composition ZnS : Mn = 1 : 0,001 ; il donnait parfaitement lieu à une triboluminescence de couleur orange; éclairée aux rayons d'une lampe de quartz à mercure, il devenait phosphorescent avec une couleur jaune orange.

On trouve dans la littérature des indications touchant l'influence de la pression et du choc sur la phosphorescence de ZnS (1) : les points de choc s'enflamment d'une lumière vive et perdent ensuite la faculté de phosphorescence; l'augmentation de la pression provoque une augmentation de phosphorescence tout en la rendant de plus courte durée (2). Dans toute une série de substances la triboluminescence n'est point instantanée, mais est accompagnée d'une courte luminescence postérieure (3).

Ces observations permettent de considérer la triboluminescence comme une phosphorescence renforcée par l'augmentation de la pression et par l'écrasement de la substance d'épreuve. J'ai essayé de vérifier la justesse de cette supposition.

On prépara avec le $ZnSO^4$, préalablement soumis à une cristallisation, une dissolution concentrée de $Zn(OK)^2$; puis on laissa passer à travers cette solution, chauffée jusqu'à 80°-90°, H^2S épuré. Le résidu de ZnS cristallisait presque instantanément et se précipitait en une couche compacte. Après un repos de 10 heures, le ZnS fut décanté, lavé, filtré et séché dans un courant de H^2S à 105°.

Cette substance d'épreuve, après éclairage par une lampe de quartz, ne donnait aucune phosphorescence; on en a tiré des échantillons triboluminescents en ajoutant à ce ZnS la solution de $Mn(NO^3)^2$; le mélange était remué soigneusement et porté au rouge dans un four électrique.

On obtint ainsi une série d'échantillons, de la proportion

$$ZnS:Mn = 1,0:0,5$$

jusqu'à 1:0,000165; la triboluminescence orange fut observée dans les échantillons ZnS:Mn = 1:0,165 et atteignit le maximum pour l'échantillon ZnS:Mn = 1:0,00165. Avec ces échantillons, aucune phosphorescence ne fut observée.

On étudia ensuite l'influence, sur la couleur et l'intensité de la tribolu-

(1) LENARD et KLATT, *Ann. d. Phys.*, **12**, 1903, p. 439.
(2) VANINO et ZUMBUCH, *Journ. f. prakt. Ch.*, **84**, 1911, p. 305.
(3) FRAUTZ, *Zeitsch. f. ph. Ch.*, **53**, 1905, p. 1.

minescence, de la température du rouge (900° et 1200°), de sa durée (1 et 6 heures), de la vitesse de refroidissement; toutes ces données, qui ont une grande importance dans la préparation des alliages phosphorescents, n'ont aucune influence sur la triboluminescence.

Par la précipitation de $ZnSO^4$ au moyen de H^2S, on a obtenu des échantillons de ZnS phosphorescents, mais ne provoquant aucune triboluminescence avant leur alliage avec des sels de Mn et la trempe postérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique des sels de potassium trihalogènes.* Note (1) de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail précédent (2), j'ai montré que l'étude des spectres d'absorption permet, dans certains cas, de mettre en évidence la formation de complexes dans les mélanges de deux solutions et de mesurer leur stabilité.

Cette méthode s'applique lorsque le complexe absorbe la lumière dans une région spectrale où ses constituants sont transparents. Elle consiste à photographier, dans les mêmes conditions, les spectres d'absorption d'une série de mélanges des deux solutions. Le mélange maximum, c'est-à-dire celui pour lequel la concentration du complexe est la plus grande, correspond au spectre où la bande d'absorption est la plus large. La composition maximum représente la formule même du complexe, lorsque les deux solutions sont équimoléculaires. S'il n'en est pas ainsi, on peut, à partir de sa valeur, déterminer la constante d'équilibre de la réaction donnant naissance au complexe. Il m'a paru intéressant de reprendre, par cette méthode, l'étude déjà abordée par d'autres voies des complexes trihalogénés (3).

J'ai donc appliqué la méthode spectrographique aux mélanges des solutions aqueuses d'iode et d'iodure de potassium, de brome et de bromure de potassium, d'iode et de bromure de potassium, d'iode et de chlorure de potassium.

Les mélanges en proportion variable des deux solutions étant préparés, j'ai photographié l'un au-dessus de l'autre tantôt 17, tantôt 26, de leurs spectres ultraviolets. La source était l'arc au fer et l'épaisseur de la cuve à absorption variait, selon les cas, de 1^{cm} à 10^{cm}. J'ai observé pour les cinq couples précédents de fortes absorptions

---

(1) Séance du 1er mars 1926.

(2) P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928, 1108 et 1932.

(3) Voir par exemple Abegg, *Handbuch der anorganischen Chemie*, 4, II, p. 257, 440, 449, etc.

qui n'existent pas pour les composants simples et qui sont le signe de la formation de complexes d'addition. J'ai déterminé pour chaque spectre, et à l'aide d'un micromètre à chariot, la distance de la limite d'absorption à une origine arbitraire. J'ai construit la courbe de ces distances en fonction de la composition des mélanges. Cette courbe passe par un maximum qui correspond à la composition maximum cherchée. L'aspect des spectrogrammes est, en général, analogue à celui que j'ai observé précédemment [1]. Cependant les mélanges ($I^2 + K$) présentent deux bandes d'absorption, qui se confondent en une seule pour une épaisseur suffisante. Dans ce cas, la zone d'absorption est limitée soit par une, soit par deux courbes fermées, et la composition maximum peut être déterminée par la position de deux ou de quatre maxima.

Pour les mélanges d'iode et d'iodure de potassium, la composition maxima est de 50 pour 100, quelle que soit la concentration commune des deux solutions. L'ion complexe formé a donc bien pour formule I^{3-} [1]. Lorsque les solutions employées ne sont pas équimoléculaires, la constante

$$k = \frac{C_{I^2} \times C_{IK}}{C_{I^3K}},$$

où les C sont les concentrations, est reliée à la composition maxima par la formule $k = \frac{\Gamma[(p+1)x - 1]}{(p-1)(1-2x)}$ [2], où Γ est la concentration de la solution d'iode, $\Gamma' = p\Gamma$ celle de la solution d'iodure de potassium, et x la proportion d'iodure dans le mélange. On obtient ainsi pour des valeurs de Γ variant de $0,144 \times 10^{-3}$ à $0,575 \times 10^{-3}$ et des valeurs de p variant de 4 à 80, des nombres oscillant autour de la valeur $1,25 \times 10^{-3}$ (à 16°), avec un écart maximum d'environ 10 pour 100 [3].

On démontre d'une manière analogue l'existence du complexe Br^3K, et l'on mesure avec une précision du même ordre la constante correspondante

$$k = 3,5 \times 10^{-2} \text{ (à 16°)}.$$

Au contraire, les halogénures mixtes sont trop dissociés pour qu'on puisse déterminer directement leur formule sur des mélanges équimoléculaires nécessairement très dilués. Par analogie, on peut admettre la formation des complexes suivants :

$$Br^2ClK, \quad I^2BrK \quad \text{et} \quad I^2ClK.$$

---

(1) P. Job, *loc. cit.*

(2) MM. Shibaat, Inounye et Nakatsuka avaient déjà, par une méthode analogue, obtenu le même résultat (*J. Chem. Soc. Japan*, 42, 1921, p. 983).

(3) On ne peut pas s'attendre à une précision supérieure. En effet le calcul de k repose sur l'évaluation de la position d'un maximum, évaluation nécessairement assez grossière.

En opérant avec des solutions concentrées de sels de potassium, on peut alors déterminer les constantes d'équilibre correspondantes. La concordance des résultats obtenus montre que les formules précédentes sont correctes. On peut d'ailleurs remarquer que la composition maxima doit tendre vers la composition du complexe à mesure que les dilutions augmentent. On observe, en effet, que dans ces conditions x se rapproche de 0,5, résultat incompatible avec toute autre formule.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

Formule du complexe..........	I^3K	Br^3K	I^2BrK	Br^2ClK	I^2ClK
Constante d'équilibre à 16°.....	$1,25.10^{-3}$	$3,5.10^{-2}$	$5,5.10^{-2}$	$1,8.10^{-1}$	3.10^{-1}
Affinité de la molécule d'halogène pour l'ion halogéné (en calories) en solution aqueuse à 16°.....	3880	2030	1670	990	695

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins, argiles, etc. Formation des schistes argileux houillers.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. C. Matignon.

Les argiles sédimentaires se présentent sous forme de masses onctueuses, douces au toucher, qui, après séchage, se délayent spontanément au contact de l'eau. Certaines de ces argiles ont pris l'aspect schisteux; elles sont dures et ne se délayent pas dans l'eau, à moins d'être réduites en poussière.

Nous avons constaté [1] que les argiles de la première catégorie portées vers 400°, à une température inférieure à celle de leur déshydratation, durcissent, par suite de la pectisation de leurs colloïdes, et ne se délayent plus dans l'eau. Les poteries noires étrusques sont des argiles que la chaleur a pectisées, sans les déshydrater.

Les argiles, à l'état sec, ou mélangées avec de l'eau [2], renferment toujours de l'air occlus, que le vide seul permet de chasser.

Si l'on comprime progressivement une argile humide avec une presse hydraulique, l'eau qu'elle contient s'en échappe; puis l'air occlus se dégage dans les plans perpendiculaires à la direction de la compression et l'argile agglomérée prend la texture schisteuse. A la pression de 6000^{kg} par centimètre carré, nous avons observé que certaines argiles plastiques se feuillettent comme du mica. Quelle que soit la compression, ces argiles se délayent dans l'eau. Toutes les argiles contiennent des matières organiques,

---

(1) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 91.
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 666.

en proportion variable; ce sont des matières ulmiques; celles-ci sont souvent accompagnées de goudrons et autres produits se rattachant à la série aromatique. L'odeur des produits de distillation des argiles permet de reconnaître la nature de ces matières organiques, l'action du permanganate indique leur proportion. Les argiles les plus chargées de matières organiques n'en contiennent pas plus de 1,5 pour 100.

Les argiles schisteuses des terrains houillers renferment toutes des substances goudronneuses; celle de Marles (Pas-de-Calais), réduite en poudre impalpable et épuisée par l'alcool bouillant, abandonne au dissolvant une matière à fluorescence verte, dont nous poursuivons l'étude.

Du kaolin des Eyzies, en poudre impalpable, est mélangé avec du tétrachlorure de carbone contenant en dissolution du brai solide et un peu de soufre; la proportion du brai solide est de 1,5 pour 100 du poids du kaolin; on évapore le tétrachlorure de carbone et l'on reprend par l'eau le résidu de façon à former une pâte homogène qui devient grise.

Cette pâte est transformée par compression en aggloméré schisteux. On le porte à la température de 150°, et on l'y maintient pendant deux jours. L'aggloméré durcit peu à peu; ses colloïdes se pectisent et il ne se délaye plus dans l'eau pure ou alcalinisée ou acidifiée, soit à froid, soit à chaud. Dans les mêmes conditions, un aggloméré de kaolin pur ne change pas après chauffage à 150°.

La pectisation des colloïdes des argiles schisteuses dans les terrains houillers provient à la fois de la présence des matières goudronneuses et de l'élévation de la température.

L'élévation de la température est peut-être due à la compression énorme qui a provoqué la formation schisteuse. En effet, nous avons observé, dans une tuilerie mécanique, une élévation de température de 10°, lorsque l'argile passait de la carrière à travers le broyeur, le malaxeur et la filière; en même temps elle commençait à se feuilleter, par suite de la compression à laquelle elle était soumise dans ces appareils.

Il est probable que les puissantes compressions, éprouvées dans le sol par les argiles imprégnées de goudron, ont provoqué une élévation de température suffisante pour amener à la longue la pectisation partielle des colloïdes de ces argiles schisteuses.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparations du nitrite de cis-dinitrotétramine et de quelques corps qui en dérivent.* Note [1] de M. Clément Duval, présentée par M. G. Urbain.

Un courant d'air comprimé passe pendant cinq heures dans une solution de 200^{cm^3} d'ammoniaque à 20 pour 100 renfermant 20^g d'acétate cobalteux et 20^g de nitrite de sodium. La liqueur violette obtenue est alors soumise à l'ébullition et additionnée de temps à autre de carbonate d'ammoniaque solide. Dans la solution refroidie, l'alcool en grand excès précipite deux composés qui sont essorés à la trompe et soumis à un lavage à l'alcool puis à l'éther.

Après séchage les deux corps sont repris par l'eau. L'un se dissout complètement; l'autre reste insoluble. L'examen montre que c'est la cobaltitrinitrotriamine

$$[Co(NH^3)^3 \ (NO^2)^3].$$

Ce complexe bien connu a été préparé jusqu'ici par des méthodes difficiles exigeant souvent la préparation préalable d'une autre amine et des cristallisations fractionnées.

Le premier corps dissous dans l'eau est précipité à nouveau par l'alcool et lavé comme le précédent. Le cobalt est dosé par électrolyse. L'ammoniac est évalué par la méthode de Schlösing. L'acide nitreux est entièrement détruit, à froid, par l'acide sulfurique concentré et évalué sous forme de bioxyde d'azote. Il se forme d'autre part du sulfate dihydrotétramine.

[Calculé pour $Co(NH^3)^4(NN^2)^3$: Co pour 100, 22,27; $4NH^3$: 25,66; $3NO^2$: 52,06. — Trouvé : Co : 22,2; NH^3 : 25,9; NO^2 : 50,1-49,9]. La formule peut s'écrire

$$(NO^2)[Co(NO^2)^2(NH^3)].$$

C'est l'isomère *cis*. En effet il est rapidement hydrolysé en donnant un sel de dihydrotétramine; l'acide sulfurique en détruit *tout* l'acide nitreux. Avec le sel *trans*, il déplace seulement l'ion NO^2 libre.

Le nitrate et le chlorure obtenus à partir de ce nouveau nitrate sont bien les isomères *cis* trouvés antérieurement par Jörgensen [2].

Le nitrite peut être employé avec avantage pour obtenir les sels de la série par action des différents acides. Il est en effet facile à préparer; il ne

---

(1) Séance du 1er mars 1926.

(2) Jörgensen, *Zeitsch. für anorg. Chem.*, 13, 1897, p. 172.

nécessite pas la préparation préalable d'un autre complexe et il n'est pas mélangé de sel *trans*.

Le composé trouvé donne avec l'acide chlorhydrique concentré, en proportions convenables et à la température de $-10°$, le chlorure *cis*-dichlorotétramine (chlorure violéo). Le rendement est théorique. La méthode d'obtention de ce chlorure, dont l'importance est grande, est conforme aux idées de Werner puisqu'il y a passage direct d'un sel *cis* à un autre suivant l'équation

$$\left[\mathrm{Co}\begin{matrix}(\mathrm{NO}^2)^2\ 1.2\\(\mathrm{NH}^3)^4\end{matrix}\right]\mathrm{NO}^2 + 3\,\mathrm{ClH} \rightarrow \left[\mathrm{Co}\begin{matrix}\mathrm{Cl}^2\ 1.2\\(\mathrm{NH}^3)^4\end{matrix}\right]\mathrm{Cl} + 3\,\mathrm{NO}^2\mathrm{H}.$$

Enfin, par action d'un nitrite alcalin, le nitrite dinitrotétramine donne, en solution aqueuse chaude, un précipité de nitrite de nitropentamine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acroléine sur le dérivé dimagnésien mixte de l'acétylène*. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Moureu.

Poursuivant l'étude de la réaction des aldéhydes prises en petite quantité sur le dérivé dimagnésien mixte de l'acétylène, j'ai attaqué ce dernier par l'acroléine. Le résultat, conforme à ceux que j'ai précédemment signalés, a été la production d'un alcool acétylénique vrai et d'un glycol acétylénique disubstitué.

L'alcool, qui n'avait pas encore été préparé, est le penténinol

$$\mathrm{CH} \equiv \mathrm{C} - \mathrm{CHOH} - \mathrm{CH} = \mathrm{CH}^2,$$

liquide incolore, d'une odeur peu piquante à froid, bouillant à $128°,5$-$129°$ sous la pression normale. Fort soluble dans l'eau il ne lui est pas miscible en toutes proportions. A $23°$ sa densité égale 0,9175, et son indice pour la raie D 1,4525; on déduit de ces nombres une réfraction moléculaire égale à 24,14, la théorie voulant 24,34. On y a trouvé 7,48 d'hydrogène et 72,99 de carbone pour 100. Son poids moléculaire par cryoscopie acétique avec $0°,426$ d'abaissement égale 85, théorie 82.

La principale difficulté qu'offre la purification de cet alcool tient à la présence d'un peu d'acroléine dont on le débarrasse par distillation sur un peu de potasse fondue pulvérisée.

Cet alcool se titre fort bien à l'aide d'une solution chloroformique de brome à 30 pour 100. Les gouttes de cette dernière se décolorent très rapidement tant que l'on n'a pas ajouté 2^{at} de brome. A ce moment la vitesse de décoloration diminue légèrement; ce changement de vitesse est percep-

tible, mais il n'est en rien comparable à celui que l'on observe quand on a ajouté 4^{at} d'halogène, car alors la décoloration devient très lente. Le tirage par arrêt à ce moment se fait aisément au centième.

Néanmoins on arrive à décolorer 6^{at} de brome avec le temps, et alors par évaporation du chloroforme on obtient une huile, ayant le poids théorique, qui ne tarde pas à cristalliser en grande partie. Les cristaux repris par l'alcool bouillant se déposent sous forme de jolis petits prismes lors du refroidissement. Ces prismes fondent à 77°-79° et répondent à la formule attendue $C^5H^6Br^6$; une cryoscopie acétique pour 0°,37 d'abaissement leur assigne un poids moléculaire égal à 559; théorie 561,5.

Le glycol obtenu simultanément

$$CH^2 = CH - CHOH - C \equiv C - CHOH - CH = CH^2$$

a déjà été décrit par M. Dupont [1].

Lorsqu'on le distille, même sous 5^{mm} seulement, il lui arrive fréquemment de se décomposer d'une façon explosive; lorsque cela n'arrive pas, on obtient un liquide jaune brun d'aspect peu satisfaisant. Je me bornerai à signaler ici qu'avec le brome, ce liquide donne une certaine quantité de cristaux; bien que ceux-ci apparaissent assez rapidement, il ne s'en forme une quantité intéressante que lorsqu'on a ajouté 6^{at} d'halogène. On les extrait par essorage, puis on les fait cristalliser un certain nombre de fois par refroidissement de leur solution dans l'acide acétique bouillant. Ils fondent alors à 196°-197°5; leur analyse qui a indiqué 15,59 de carbone et 1,59 d'hydrogène, correspond à la formule attendue $C^8H^{10}Br^6O^2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides dialcoylarsiniques asymétriques et, en particulier, sur l'acide méthyléthylarsinique.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. Béhal.

Aucun des acides dialcoylarsiniques asymétriques n'a encore été décrit; je viens aujourd'hui combler cette lacune.

Dans l'étude qu'il a faite de l'alcoylation systématique de l'arsenic [2], M. Auger a montré que l'on pouvait obtenir l'acide cacodylique ou diméthylarsinique en faisant réagir l'iodure de méthyle sur l'oxyde de méthylarsine en présence de soude dissoute dans l'alcool méthylique. L'oxyde de

(1) *Thèse de doctorat*, Paris, 1912, p. 14.

(2) *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 915.

méthylarsine possède deux fonctions faiblement basiques et fournit le sel

$$CH^3 - As = (ONa)^2,$$

dont la forme tautomère réagit avec facilité sur l'iodure de méthyle en donnant du cacodylate de sodium :

$$CH^3 - As\begin{matrix} /\!\!/ O \\ -ONa \\ \backslash Na \end{matrix} + CH^3I = CH^3 - As\begin{matrix} /\!\!/ O \\ -ONa \\ \backslash CH^3 \end{matrix} + NaI.$$

M. Auger dit bien que, dans cette réaction, on peut substituer l'iodure d'éthyle à l'iodure de méthyle; mais, en fait, il n'a pas obtenu l'acide méthyléthylarsinique qui devrait résulter de cette substitution.

Au contraire, comme j'ai pu le constater, si l'on remplace l'iodure par le chlorure d'éthyle et la soude par la potasse, on obtient le méthyléthylarsinate de potasse suivant la réaction

$$CH^3 - As\begin{matrix} /\!\!/ O \\ -OK \\ \backslash K \end{matrix} + C^2H^5 - Cl = CH^3 - As\begin{matrix} /\!\!/ O \\ -OK \\ \backslash C^2H^5 \end{matrix} + KCl.$$

Le chlorure de propyle $CH^3 - CH^2 - CH^2Cl$ réagit de même sur l'oxyde de méthylarsine en donnant l'acide méthylpropylarsinique et il est bien probable que cette réaction pourra être généralisée.

Les meilleures conditions de préparation de l'acide méthyléthylarsinique m'ont paru être les suivantes : Dans une bouteille à bière, dont le bouchon est maintenu par un ressort, on met 47^g (1^{mol}) d'oxyde de méthylarsine, 50^g (2^{mol}) de potasse caustique dissous dans 230^{cm^3} d'alcool à 76° et 29^g (1^{mol}) de chlorure d'éthyle. On chauffe la bouteille au bain-marie bouillant durant 12 heures et on laisse refroidir. Le chlorure d'éthyle a complètement disparu et il s'est formé un abondant dépôt de chlorure de potassium. Le liquide qui le baigne est fortement alcalin. On y fait barboter un courant d'anhydride carbonique jusqu'à ce qu'il cesse de colorer en rose le papier de phtaléine du phénol. On a ainsi précipité la plus grande partie de la potasse à l'état de bicarbonate : un essorage à la trompe permet de séparer ce sel en même temps que le chlorure de potassium déposé. On lave ces deux sels avec un peu d'alcool à 95°, puis on distille l'alcool dans le vide. Le résidu renferme à l'état de sel de potassium l'acide méthyléthylarsinique formé, une certaine quantité d'oxyde de méthylarsine qui n'a pas réagi et un peu de carbonate et de chlorure de potassium.

Pour enlever l'oxyde de méthylarsine, on épuise par trois fois le produit à la benzine bouillante; puis on le dissout dans l'alcool à 95° et l'on fait passer à refus dans la solution un courant d'acide carbonique, qui précipite à l'état de carbonate la totalité de l'alcali du méthylarsinate, laissant l'acide méthylarsinique en solution. Celle-ci est distillée à siccité dans le vide. Pour enlever la petite quantité de chlorure de potassium qui reste encore, on épuise le résidu par la benzine bouillante, qni dissout l'acide méthylarsinique. Après distillation de la plus grande partie de la benzine, cet acide cristallise par refroidissement.

Il répond à la formule $C^3H^9AsO^2$ ou $\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\end{matrix}\!\!>\!As\!\!<\!\!\begin{matrix}O\\OH\end{matrix}$.

Cristallisé dans l'eau ou dans l'alcool, l'acide méthyléthylarsinique se présente en lamelles clinorhombiques incolores, fondant à 120-121°.

Contrairement à l'acide cacodylique, il possède une odeur forte et désagréable provoquant la céphalée.

Dans l'air sec, il se conserve sans altération, tandis qu'il est déliquescent à l'air humide.

Très soluble dans l'eau et dans l'alcool, il est insoluble dans l'éther. La benzine le dissout à froid en petite quantité, davantage à l'ébullition.

Il se comporte comme un acide monobasique à l'égard de la phtaléine du phénol et ne vire pas au rose l'hélianthine. En solution alcoolique, l'acide carbonique le déplace de ses sels de potasse ou de soude.

Il est très stable à l'égard des oxydants : l'acide azotique, l'acide chromique, le permanganate de potassium sont sans action sur lui.

Les réducteurs faibles comme l'acide sulfureux, le sulfate ferreux sont sans action sur lui; au contraire, l'acide phosphoreux le réduit, probablement à l'état d'oxyde de méthyléthylarsine que je n'ai pas encore pu obtenir à l'état de pureté. Avec l'acide hypophosphoreux en liqueur chlorhydrique, la réduction va plus loin et amène un dépôt d'arsenic.

Les sels de potassium et de sodium cristallisent en fines aiguilles déliquescentes à l'air humide. Ils sont très solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Je poursuis ces recherches en vue d'isoler d'autres acides dialcoylarsiniques asymétriques.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence de l'* uraninite (*pechblende*) *dans certaines pegmatites de Madagascar.* Note de M[lle] **Y. Brière.**

Les pegmatites granitiques de Madagascar sont célèbres par les nombreux niobates et titanoniobates uranifères qu'elles renferment, les uns connus en d'autres régions : euxénite, samarskite, fergusonite, les autres, jusqu'à présent spéciaux à la Grande Ile; betafite, samirésite, ampangabéite. Certains d'entre eux sont suffisamment abondants et radioactifs pour être exploités comme minerais de radium.

Le minéral le plus riche en radium, l'uraninite (pechblende), n'avait pas été rencontré jusqu'ici à Madagascar; le but de cette Note est de signaler son existence dans les provinces de Fianarantsoa (à Malakialina) et de Vohémar.

Malakialina se trouve à 200^{km} environ à l'ouest-nord-ouest de Fianarantsoa, à 1500^{m} au sud du confluent du Mangoky et de la rivière Madinikamalona, presque à la limite du plateau cristallin. Le gisement de Malakialina que j'ai visité en août 1925 est constitué par une pegmatite (exploitée pour la muscovite) au milieu de gneiss orientés N-S et plongeant vers le Sud; ce sont des micaschistes à muscovite et biotite, des micaschistes à disthène, grenat, biotite, alternant avec des gneiss grenatifères à sillimanite; fait intéressant, le disthène se trouvant généralement à un niveau supérieur à celui de la sillimanite. Cet ensemble cristallin est traversé par des filons de quartz, des veines de quartz et parfois par de véritables tourmalinites.

La pegmatite potassique constitue une petite colline dominant ces gneiss d'une hauteur de 50^{m} environ; elle s'étend sur une longueur de 400^{m} et une largeur de 250^{m}.

Les minéraux accessoires de cette pegmatite sont : la tourmaline noire, le béryl bleu et jaune, l'apatite d'un vert émeraude (la réfringence est celle d'une apatite fluorée), la columbite, l'*uraninite* et des titanoniobates fortement radioactifs dont je poursuis l'étude.

L'uraninite a été trouvée dans les déblais de la carrière. Elle forme de gros nodules dont l'extérieur est jaune citron, plus rouge par place et très friable; le centre seul renferme le minéral intact, noir, compact, parsemé de fissures remplies de produits d'altération d'un rouge orangé ou jaune rappelant par l'aspect ceux de la pechblende du Katanga. Ces produits d'altération contiennent de la silice et du plomb; ils sont à rapprocher de la gummite.

La partie noire, homogène, dont la densité est de 9,42, possède une radioactivité de 6,93 (l'oxyde noir d'urane étant pris comme unité; les mesures faites avec l'appareil Cheneveau-Laborde); la partie jaune qui l'enveloppe est, elle aussi, très radioactive (7 environ).

Je n'ai point trouvé d'uraninite dans les pegmatites des environs de Malakialina, exploitées pour la muscovite (Vohimena et Bemasoandro).

Au nord de Madagascar, dans la province de Vohémar, un prospecteur a trouvé un nodule, à poussière jaune, semblable à ceux qui viennent d'être décrits; la présence de petites paillettes d'autunite épigenisant l'échantillon attira son attention et l'incita à venir au Service des Mines de Tananarive demander une détermination plus précise (septembre 1925). Je ne possède pas de renseignements sur la nature du gisement, mais des lamelles de muscovite se trouvant mélangées à l'autunite il n'est pas douteux que ce minéral ne provienne d'une pegmatite comme celui de Malakialina.

La radioactivité de l'uraninite, prise dans les mêmes conditions que plus haut, dépasse 6, mais celle des produits d'altération n'est que de 3 environ.

D'après les observations faites par M. A. Lacroix dans la Caroline du Nord (Mitchell County) le gisement de Malakialina doit être comparé à ceux des environs de Spruce Pine et particulièrement à celui de la Flat Rock Mine. La pegmatite y est à très gros éléments, elle est localement riche en quartz, ailleurs en muscovite qui est le minéral exploité dans une carrière voisine (Wisemann Mine). A la Flat Rock Mine, le mica est moins abondant; l'uraninite est associée à des grenats, de la columbite, de la samarskite.

Par l'intensité de son altération, par la nature des minéraux associés, l'*uraninite* de Malakialina offre la plus grande analogie avec celle de ces gisements américains.

LITHOLOGIE. — *Sur l'existence de laves leucitiques dans la Serbie méridionale.* Note de M. M. Kovitch.

Les couches sédimentaires de la région de Mlado Nagoritchané, à 10^{km} à l'est de Koumanovo, dans la Serbie méridionale, sont constituées, dans leur partie supérieure, par des marnes, localement couvertes par des sables et des graviers, d'âge pliocène. Le pays est faiblement ondulé, coupé par les vallées peu profondes, à pentes douces.

Aux environs immédiats de Mlado Nagoritchané, quelques (5) pitons (Vouyevska Kosa, Sveta Petka, etc.) sont recouverts par des lambeaux de coulées volcaniques qui, par place, présentent un délit en colonnes prismatiques irrégulières, dont la hauteur atteint 30^m. Ces laves sont postérieures aux couches tertiaires sur lesquelles elles se sont épanchées. Leur étendue n'est pas grande; le plus important de leurs affleurements ne dépasse guère 1^{km^2}.

L'intérêt de ces laves réside essentiellement dans leur composition : elles sont *leucitiques* et c'est le premier exemple de roches de ce genre dans cette partie de l'Europe.

Elles sont de couleur gris foncé; en général très dures; elles sont cependant parfois poreuses.

La composition minéralogique, étudiée au microscope, est la suivante : il n'existe que de petits phénocristaux, à peine visibles à l'œil nu, formés surtout par de l'olivine et de l'augite. La biotite est moins abondante, mais elle est plus distincte à l'œil nu que les minéraux précédents. Ces phénocristaux sont distribués dans une pâte microlitique constituée par les mêmes espèces, mais avec, en outre, de la *leucite* et parfois de l'orthose. La texture fluidale est très exceptionnelle.

La biotite intratellurique se présente en lamelles allongées, en partie résorbées et alors criblées d'inclusions de magnétite; elle est uniaxe. Mais il existe une autre biotite plus récente, biaxe, constituant de grandes plages, aux contours irréguliers, qui englobent pœcilitiquement les autres minéraux et en particulier les microlites, elles sont donc de cristallisation très tardive.

Les phénocristaux automorphes d'olivine se réunissent parfois en agrégats. La macle en croix suivant *m* est fréquente. Ces cristaux sont habituellement très frais, dans certains cas seulement ils sont transformés sur les bords en bowlingite d'un brun rouge.

L'augite intratellurique, incolore ou légèrement verdâtre en lames minces, est automorphe; la structure en sablier est fréquente. Sous forme de microlites, elle est aussi automorphe et antérieure aux minéraux blancs et à la biotite.

La leucite n'existe qu'en cristaux globulaires de très petite taille, mais fort nombreux; ils sont englobés par la biotite et l'orthose quand ce minéral existe; ses cristaux, lorsqu'ils sont d'assez grande taille, contiennent des inclusions orientées sur leurs contours. Il semble qu'il y ait parfois aussi un peu d'analcime qui occupe les interstices des autres minéraux.

L'orthose n'est pas constante, mais elle peut devenir assez abondante; elle forme, ainsi que je l'ai dit plus haut, de grandes plages englobant pœcilitiquement tous les autres minéraux. Les macles, suivant la loi de Carlsbad, sont fréquentes.

Comme éléments accessoires, il faut signaler de petits grains de magnétite et, en faible quantité, des prismes d'apatite.

Je noterai l'existence de formes scoriacées à la base et à la surface des coulées; les bulles arrondies y sont nombreuses, et les lames de biotite bronzée y sont nettement visibles à l'œil nu.

Deux analyses données dans la Note de M. A. Lacroix que l'on trouve plus haut (p. 597) montrent que la composition chimique de ces laves n'est pas influencée par l'existence ou par l'absence d'orthose : les deux variétés analysées, l'une exclusivement leucitique, l'autre leucitique et orthosique, sont hétéromorphes l'une de l'autre. Cette composition peut être exprimée par les paramètres III.6.2.3, avec, pour le rapport de l'orthose au plagioclase virtuel, une valeur caractérisant la famille syénitique; elle montre que la roche est à rapporter au type nouveau désigné par M. A. Lacroix sous le nom de kajanite et qui, jusqu'ici, n'était connu que dans un seul gisement situé à Bornéo; ce fait augmente encore l'intérêt de ce nouveau gisement serbe.

Notons, en terminant, que ces laves sont très riches en enclaves des sédiments qu'elles traversent. Les enclaves quartzeuses, le plus souvent de petite taille, ont été partiellement fondues; à leur voisinage le magma volcanique s'est enrichi en silice et a subi des modifications intenses : la leucite a complètement disparu et a été remplacée par de grandes plages d'orthose; il s'est produit en outre des microlites d'augite à la périphérie des enclaves; exceptionnellement, cette augite est d'un vert intense. Ce phénomène d'endomorphisme est du même ordre que celui signalé autrefois par M. A. Lacroix dans des roches néphéliniques de Madagascar autour d'enclaves de quartz : on comprend facilement que l'apport de silice dans un magma à silice déficitaire y détermine la substitution des feldspaths aux feldspathoïdes.

Les enclaves de marnes sont moins fréquentes : elles sont transformées en agrégats de gros cristaux de pyroxène.

Notons enfin que la calcite déposée, par les eaux superficielles, remplit souvent les pores de la lave : elle recouvre quelquefois des lames de mica qui ont été vraisemblablement formées par autopneumatolyse, à la fin de la consolidation du magma.

GÉOLOGIE. — *Sur la signification tectonique des gneiss œillés du massif du Pilat, près Saint-Étienne*. Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

La découverte du granite écrasé de Montrambert et de la Gampille faite en 1905 par MM. Termier et Friedel a posé le problème tectonique du Pilat ([1]). Les *gneiss granulitiques* de ce massif furent attribués d'abord à une nappe ([1]), puis rattachés à l'autochtone ([2]). L'étude pétrographique des gneiss granulitiques et celle des phénomènes de *granulitisation* me permettent aujourd'hui d'apporter à la discussion tectonique des arguments nouveaux.

Les gneiss granulitiques (ainsi nommés par Michel-Lévy), qui se distinguent des autres gneiss de la région par leur couleur claire, la faible proportion de biotite, la présence habituelle de la muscovite, présentent les types suivants : granulite gneissique passant à la granulite franche, gneiss blanc à petits noyaux feldspathiques, gneiss blanc à grain fin, assez rarement gneiss feuilleté à muscovite, enfin gneiss œillé. Les gneiss œillés, où la muscovite apparaît fréquemment et qui passent d'une manière continue à la granulite gneissique, ont été considérés depuis longtemps comme un faciès particulier de gneiss granulitique. Sur certains points, ils passent d'une manière continue aux gneiss compacts à mica noir. Il y a également passage entre ceux-ci et les granulites gneissiques. A première vue, ces relations pétrographiques semblent commander l'abandon complet du charriage des gneiss granulitiques du Pilat. *Pourtant il existe indiscutablement dans la série gneissique des zones laminées*. Des mouvements ont eu lieu. On pouvait essayer de les définir. *Il m'apparut alors que l'étude des gneiss œillés de la série granulitique éclairait singulièrement le problème tectonique.*

Dans le massif du Pilat, il existe en général trois zones de gneiss œillé. Les grosses amandes feldspathiques, ou plus rarement quartzeuses, l'ondulation de la biotite ou de la chlorite autour des feldspaths, constituent un faciès très caractéristique. La déformation mécanique est évidente. Doit-on y voir un caractère initial de la roche lié à ses conditions de formation ou au contraire la trace de mouvements importants du Cristallophyllien ? Si, pour les gneiss œillés en général, la question reste discutable, elle se

([1]) Termier et Friedel, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1003.
([2]) Friedel et Grandjean, *Bull. Serv. Cart. géol.*, 20, 1909-1910, p. 500.

trouve résolue dans le massif du Pilat par l'observation de termes *de transition entre les gneiss œillés et la mylonite franche*.

Dans certaines zones, le laminage apparent des gneiss œillés devient plus intense. Les feldspaths sont visiblement cassés, tordus ou étranglés; ils pénètrent en coin les uns dans les autres. Les lamelles de biotite sont tordues et plissotées; puis les feldspaths s'enveloppent de chlorite et de matière écrasée. Enfin on observe même parfois le passage continu à la mylonite franche. Sur la croupe au nord de Doizieu, la déformation des feldspaths et le bouleversement de la roche sont tout à fait remarquables et il y a passage continu à une mylonite verdâtre aphanitique. On peut citer encore comme exemple typique l'association du gneiss œillé fortement laminé et de la mylonite à la base du Cristallophyllien au nord de la Chapelle et sur la route de Semons à Tupin. L'étude micrographique des gneiss œillés confirme les observations précédentes. Les échantillons recueillis dans une zone laminée montrent d'une manière évidente la dislocation des feldspaths, qui sont cassés, déchiquetés, brusquement amincis ou étranglés. Les plans de macle des plagioclases sont tordus. *Certains noyaux sont presque entièrement broyés, et restent éteints entre nicols*. Dans un gneiss œillé recueilli au nord de la Chapelle, on aperçoit un *cristal de feldspath qui a éclaté en une quantité innombrable de morceaux, tandis que la biotite partiellement chloritisée et de petits grains de quartz étaient bourrés dans les intervalles*. Dans un autre échantillon provenant des environs de Semons, au-dessus du Rhône, les bandes quartzeuses elles-mêmes prennent un aspect œillé. Les noyaux feldspathiques apparaissent dans une matière écrasée isotrope où l'on reconnaît quelques débris de feldspath, de chlorite et de biotite et qui forme des bandes d'épaisseur très irrégulière, tantôt élargies, tantôt étranglées. *C'est une structure « microlenticulaire » qui reproduit en petit l'allure lenticulaire des amas mylonitiques*.

Ces gneiss œillés fortement laminés ont pu être suivis sur des dizaines de kilomètres comme un horizon stratigraphique. La *continuité du phénomène et l'association mylonitique* correspondent évidemment à l'existence de *surfaces de poussée ou de charriage* et l'augmentation progressive des déformations, lorsqu'on s'approche du contact, montre bien que le laminage apparent sur toute la hauteur des gneiss œillés est dû à ces mêmes mouvements. D'autre part, la répétition d'un faciès identique et très particulier dans trois zones superposées que séparent des gneiss feuilletés à mica noir ou des gneiss granulitiques fins évoque *la superposition de plusieurs unités tectoniques*. Il existe d'ailleurs des zones de laminage intense ou

d'écrasement sous chacune des bandes de gneiss œillé. Les arguments tirés de la répétition du faciès et de la continuité des zones laminées se prêtent ainsi un mutuel appui.

Les gneiss œillés du massif du Pilat ont donc une signification tectonique importante. La répétition de ce faciès dans la série cristallophyllienne résulte du *chevauchement de plusieurs unités tectoniques.* La *déformation mécanique des gneiss œillés a été provoquée par ce même mouvement.* Les zones où le laminage est plus intense et où la *mylonite franche s'associe parfois au gneiss œillé* permettent de définir les surfaces de poussée ou de charriage.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans l'ouest de la France.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures font partie de celles qui ont été décidées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale en vue de l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France. Elles ont été effectuées pendant les étés de 1924 et 1925 dans 47 stations réparties dans les départements de l'Orne, de la Mayenne et de la Sarthe, dont 13 font partie du réseau établi par Moureaux à la date du 1er janvier 1896. Presque toutes les mesures ont été faites en double. Le tableau suivant donne les valeurs de la déclinaison D, de l'inclinaison I et de la composante horizontale H rapportées au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles sont en italiques.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		Orne (16 stations).		
Alençon	13°.10′,3	64°.29′,6	0,19733	Calme.
Argentan	13.12,4	48,7	588	Calme.
Bagnoles-de-l'Orne	13.28,3	44,4	667	Calme.
Bellême	12.49,0	29,4	825	Calme.
Briouze	13. 8,5	46,3	626	Calme (D, H), presque calme (I).
Carrouges	13.19,6	38,3	696	Calme.
Domfront	13.32,5	46,7	645	Calme.
Flers	13.39,2	47,2	603	Calme (D), presque calme (I, H).
La Ferté-Fresnel	13. 1,0	42,9	621	Calme (D, I), presque calme (H).
Laigle	12.50,0	37,0	641	Calme (D), pr. calme (H), agitée (I).
Mortagne	12.56,5	30,8	767	Calme (D), pr. c. (I), un peu agitée (H).

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		ORNE (16 stations) (*suite*).		
Moulins-la-Marche	12°.55′,2	35′,9	697	Calme (D, H), presque calme (I).
Remalard	12.40,7	29,8	785	Calme.
Sées	13. 8,4	36,2	719	Calme.
Tourouvre	12.03,6	34,3	775	Calme (D), presque calme (I, H).
Vimoutiers	»	52,0	565	Presque calme (I), un peu agitée (D).
		MAYENNE (13 stations).		
Château-Gontier	13.30,7	64.13,2	0,20040	Calme (I, H), presque calme (D).
Cossé-le-Vivien	31,6	16,8	0,19877	Calme.
Craon	38,5	21,0	922	Calme (D, I), presque calme (H).
Ernée	27,7	31,8	714	Calme (D, I), presque calme (H).
Evron	19,5	25,4	868	Calme (D), pr. c. (I), un peu agitée (H).
Gorron-Le Pas	32,0	33,6	724	Calme.
Laval	»	29,0	852	Un peu agitée (I), agitée (H).
Mayenne	32,3	33,1	762	Calme (D, H), presque calme (I).
Meslay	34,0	20,1	889	Presque calme.
Saint-Aignan-Couptrain	24,0	35,1	747	Calme (I), presque calme (D, H).
Saint-Saturnin-Saint-Aignan-sur-Roë	33,7	19,4	971	Calme.
Saint-Pierre la-Cour	31,9	»	853	Presque calme (I), un peu agitée (H).
Villaines	16,8	26,9	791	Calme.
		SARTHE (18 stations).		
Bonnétable	13. 1,4	64.23,2	0,19894	Calme.
La Chartre-sur-le-Loir	»	12,5	20083	Calme.
Château-du-Loir	12.55,9	1,2	20121	Calme.
Connéré	12.51,6	17,9	19923	Calme (D), un peu agitée (I, H).
La Flèche	»	2,6	20076	Presque calme (H), un peu agitée (I).
Fresnay-sur-Sarthe	13.11,6	22,5	19847	Calme.
Le Grand-Lucé	13.47,1	8,5	20021	Calme (D, H), presque calme.
Loué	13. 7,7	19,6	19889	Calme (D), un peu agitée (I, H).
Le Lude	12.57,8	63.59,3	20152	Calme (D), un peu agitée (I, H).
Mamers	12.58,8	64.26,9	19841	Calme.
Le Mans	13. 3,6	15,0	19953	Calme (H), presque calme (D, I).
Marolles-les-Braults	13. 2,5	22,6	19857	Calme.
Mayet	12.58,8	9,7	20047	Calme.
Montmirail	12 41,3	17,3	19945	Calme (D), pr. c. (I) un peu agitée (H).
Sablé	13.25,8	10,6	20009	Agitée.
Saint-Calais	12.40,1	5,2	19987	Presque calme (D, H), un peu agitée (I).
Sillé-le-Guillaume	13.18,9	28,2	19849	Calme (D, H), presque calme (I).
La Suze	13.10,8	7,2	19972	Presque calme.

Les moyennes des variations séculaires 1896-1922 pour les 13 stations communes avec le réseau de Moureaux sont :

Déclinaison........................	— 2°56′
Inclinaison........................	— 36′
Composante horizontale........	+ 200 unités du 5ᵉ ordre

J'avais obtenu pour les trois départements occidentaux de la Bretagne :

— 2°53′ — 38′ + 291

D'ailleurs les variations séculaires pour cet intervalle à l'Observatoire du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) sont

— 2°58′ — 32′ + 150

Les valeurs obtenues pour le groupe Orne-Mayenne-Sarthe, dont la position géographique est intermédiaire, sont bien intermédiaires entre les valeurs correspondant à la Bretagne et au Val-Joyeux, et confirment que les variations séculaires présentent de l'Ouest à l'Est les variations suivantes : pour la déclinaison une faible croissance; pour l'inclinaison, une faible décroissance et pour la composante horizontale une décroissance très accentuée.

BOTANIQUE. — *Le phytoplancton de la Loire.* Note de M. **Jean des Cilleuls**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le phytoplancton des grands fleuves, ceux de l'Europe en particulier, a suscité de nombreuses recherches, qui n'ont pas été jusqu'ici poursuivies en France. Celles que nous avons entreprises portent sur le phytoplancton de la Loire dans la région de Saumur. Elles sont basées sur 45 échantillons, prélevés de janvier 1925 au 1ᵉʳ février 1926, à l'aide du filet d'Apstein en soie à bluter nº 16, et examinés tant à l'état frais que sur préparations sèches. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que nous relatons dans la présente Note.

1° *Caractéristiques générales.* — Le phytoplancton du fleuve est pauvre en espèces et en individus. Il est riche en détritus variés, dont la quantité l'emporte sur celle du plancton. Les Diatomées y figurent en nombre important; les Chlorophycées sont peu abondantes, et les Desmidiées, Cyanophycées, Flagellées, sont rares. Les Dinoflagellées sont presque totalement absentes. Aucune forme strictement autopotamique n'a été observée

jusqu'ici. Le plancton du fleuve à Saumur ne présente pas de différences essentielles avec les masses d'eau d'Anjou, dont l'étude est poursuivie depuis plusieurs années au laboratoire de Botanique de la Faculté libre des sciences d'Angers, où nous effectuons nos recherches.

Au cours de l'année considérée, les espèces déterminées dans le courant principal et sur les dépôts littoraux, s'élèvent aux chiffres suivants :

Diatomées	160
Chlorophycées	21
Desmidiées	5
Cyanophycées	2
Flagellées	3
Dinoflagellées	1

Parmi les Diatomées, les genres plus particulièrement rencontrés dans le plein courant sont : *Melosira, Fragilaria, Synedra.* Parmi les Chlorophycées, il faut citer : *Ankistrodesmus*, *Actinastrum*, et *Scenedesmus*. Le peu de fréquence et la faible quantité d'*Asterionella gracillima* Hantz., est à noter.

2° *Variations saisonnières.* — Le fleuve présente toute l'année un plancton vivant, en rapport avec la douceur du climat. Mais des différences sont observées suivant les mois de l'année. La périodicité du phytoplancton peut se résumer schématiquement en quatre phases, pendant le laps de temps envisagé, et dans la région indiquée :

Phase hivernale (fin octobre-avril) à Diatomées;
Phase printanière (mai), transitoire, marquant le début du développement des Chlorophycées;
Phase estivale (juin) à Chlorophycées;
Phase estivo-automnale (juillet à mi-octobre) à Chlorophycées-Diatomées.

Les espèces dominantes de chaque période sont les suivantes :

Melosira varians Ag., *Fragilaria Capucina* Desm., *Fragilaria construens* Ehr., *Synedra Ulna* Ehr. (première et deuxième périodes);
Ankistrodesmus falcatus Ralfs., *Actinastrum Hantzschii* Lag., (troisième période);
Synedra Ulna Ehr., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Ankistrodesmus falcatus* Ralfs., *Actinastrum Hantzschii* Lag., *Merismopedium glaucum* Nag. (quatrième période).

3° *Variations accidentelles.* — Les irrégularités du débit et la rapidité du courant, occasionnées par la fréquence et la variété des crues, provoquent des changements brutaux dans la composition du plancton, particulièrement en hiver et au début du printemps. Ce plancton s'enrichit, tout au début de la crue, par l'apport des espèces des rives et des bras morts, entraînées ou arrachées par le courant. Mais, à cette abondance éphémère,

ne tarde pas à faire suite une pauvreté progressive; qui est due à la dissémination du plancton, et qui est d'autant plus accusée que la crue est plus forte, et l'étalement des eaux plus large.

La répétition des crues, à brève échéance, dote le fleuve d'un plancton, essaimé primitivement par lui, et développé ensuite, dans l'intervalle des hausses, au sein des amas d'eau subsistant dans les terres inondées.

Les principaux genres caractéristiques des hautes eaux sont : *Synedra*, *Cocconeis*, *Gyrosigma*, *Cymbella*, et *Amphora*.

4° *Conclusions*. — Le phytoplancton de la Loire rappelle par sa pauvreté, celui des fleuves à cours rapide. C'est, en somme, un « plancton de passage », suivant l'expression appliquée par Schorler au plancton de l'Elbe. Il a donc besoin, la plupart du temps, de l'apport de nouveaux organismes, que lui cèdent les affluents, les bras morts, et les petits étangs plus ou moins endormis de ses rives.

Nos observations confirment, et complètent celles de Schenck et Lauterborn sur le Rhin, celles de Brunnthaler sur le Danube, celles de Dugelli sur la Sihl et celles de Kofoïd sur l'Illinois.

BOTANIQUE. — *Sur le rôle physiologique de l'amidon déposé dans le parenchyme vert des feuilles*. Note de M. **V. Lubimenko**, présentée par M. Molliard.

Le travail a été fait en collaboration avec M[me] S. S. Fichtenholz, M[lle] E. R. Gubbenet, M[lle] L. G. Gavriloff et M. A. J. Kokine.

La recherche a été entreprise pour élucider les conditions intercellulaires physiologiques de l'accumulation et de la dissolution de l'amidon dans le parenchyme foliaire. Dans ce but on a étudié l'accumulation et la dissolution de l'amidon au cours de la journée chez les diverses espèces de plantes développées aux différentes latitudes géographiques dans les conditions naturelles, en découpant à chaque heure de la journée un petit morceau d'une même feuille et en le fixant immédiatement par l'alcool. Après une extraction préalable des pigments, ces morceaux ont été traités par la teinture d'iode.

L'étude macroscopique et microscopique du parenchyme foliaire a montré que non seulement l'accumulation, mais aussi la dissolution de l'amidon au cours de la journée est influencée par l'intensité de la lumière et la température. A la latitude de 60° nord, le parenchyme foliaire ne se

vide que rarement de l'amidon pendant les heures nocturnes, et la feuille commence à l'accumuler de nouveau en conservant encore une réserve de la journée précédente. A la latitude de 50° nord et plus loin vers le Sud, la dissolution complète de l'amidon pendant la nuit se produit fréquemment; on constate, en outre, une forte dissolution suivie de l'accumulation pendant les heures claires de la journée. D'une façon générale, c'est pendant la première moitié du jour que la quantité de l'amidon accumulé atteint son maximum; ensuite elle diminue et commence à augmenter de nouveau vers le soir, pour diminuer ensuite jusqu'au minimum pendant la nuit. Cependant cette marche générale des variations quantitatives subit des modifications suivant l'espèce de la plante.

Certaines espèces (*Nicotiana Tabacum*) ne montrent qu'un seul maximum et un seul minimum au cours de la journée; d'autres espèces (*Phaseolus vulgaris*) sont caractérisées par deux maximums et deux minimums qui apparaissent régulièrement dans de bonnes conditions d'éclairement et de température. Enfin, chez certaines espèces (*Robinia pseudacacia*) plusieurs maximums apparaissent, suivis de minimums, au cours de la journée.

L'examen microscopique du tissu foliaire a montré que chez les plantes pauvres en amidon, comme *Zea Mays*, l'accumulation de ce dernier ne se produit que dans les cellules entourant les faisceaux libéro-ligneux. Chez les espèces plus riches en amidon, après l'épuisement complet du tissu, les premiers grains apparaissent aussi dans les cellules les plus proches des faisceaux libéro-ligneux; ensuite l'accumulation de l'amidon gagne les couches intermédiaires du parenchyme foliaire, les moins éclairées, et c'est seulement au moment où la quantité d'amidon atteint son maximum que les cellules palissadiques se remplissent par ses grains. La dissolution se produit inversement : ce sont les cellules palissadiques et les cellules extérieures du parenchyme lacuneux qui se vident les premières; viennent ensuite les cellules de la couche intermédiaire, tandis que les cellules entourant les faisceaux libéro-ligneux sont les dernières où l'amidon se dissout pendant la nuit. En étudiant la dissolution de l'amidon dans les cellules palissadiques, on peut constater que la dissolution commence dans les parties sous-épidermiques de ces cellules et finit dans les parties internes touchant le tissu lacuneux. C'est pourquoi il peut arriver qu'une partie d'une même cellule palissadique ne contienne pas d'amidon, tandis qu'une autre en garde encore.

Tous ces faits montrent nettement que l'accumulation et la dissolution de l'amidon dans les feuilles sont intimement liées au mécanisme du cou-

rant qui transporte les hydrates de carbone solubles des feuilles à la tige. L'accumulation de l'amidon se produit le long de ce courant et son rôle physiologique est d'entretenir une différence nécessaire dans la concentration des hydrates de carbone solubles d'un bout à l'autre du courant. Par conséquent, la quantité de l'amidon accumulée dans le parenchyme foliaire est proportionnelle à l'excès des carbohydrates solubles qui ne sont pas immédiatement transportés dans la tige. Enfin, la dissolution successive de l'amidon dans les palissades montre que la concentration des carbohydrates peut varier même dans les différentes parties d'une seule cellule. Ce fait peut être interprété comme preuve de ce que la concentration des hydrates de carbone solubles augmente le long de leur courant dirigé vers les faisceaux libéro-ligneux.

AGRONOMIE. — *Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie.* Note de MM. **H. Lagatu** et **L. Maume**, présentée par M. P. Viala.

L'hypothèse de travail qui oriente nos recherches expérimentales [1] consiste à considérer une feuille située près de la base d'un rameau fructifère comme le témoin des courants d'aliments qui vont au rameau; à chaque instant, on y peut, par les concentrations relatives des divers aliments, déterminer les rapports des vitesses de ces courants, comme on pourrait lire sur des tubes piézométriques les rapports des vitesses de plusieurs veines liquides en mouvement dans un même canal.

Les larges perspectives qu'une telle hypothèse ouvre sur la physiologie végétale et l'agronomie ne peuvent être envisagées que sous réserve d'un examen préalable, portant notamment sur trois points et établissant : 1° que cette hypothèse met en question des grandeurs dont les variations sont mesurables; 2° qu'elle est confirmée par ces mesures et susceptible de se transformer en loi physiologique; 3° qu'elle permet à l'agronome de comparer une alimentation observée à un optimum d'alimentation suffisamment défini.

Nous avons, dans trois Notes précédentes, abordé cet examen en prenant la vigne comme sujet d'observation. Nous avons montré que les divers équilibres d'alimentation imposés à la plante par des engrais différents

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 782, 932; 180, 1925, p. 1179.

trouvaient, dans les courants alimentaires de la feuille, une image sensible (premier point) et fidèle (deuxième point). Nous avons montré, d'autre part, que l'amplitude et la régularité des variations du chimisme caractérisent dans la feuille l'optimum d'alimentation, correspondant au maximum de rendement (troisième point). On doit prévoir, en outre, que les exigences simultanées d'une bonne fructification et d'une végétation abondante introduiront des restrictions quant à l'amplitude de variation de chaque aliment.

Nous nous proposons, dans la présente Note, de montrer que l'évolution chimique de la feuille fournit aussi le diagnostic de l'*intensité de l'alimentation* dans le cas où cette alimentation reste qualitativement la même.

Dans la vigne d'expérience de Grammont, sur la parcelle témoin (sans aucun engrais) et sur la parcelle à rendement maximum (fumure B), nous avons soumis 18 ceps à une taille plus généreuse, 9 coursons au lieu de 6. Ces ceps, entourés de ceps semblablement traités, ont reçu exactement la même fumure que les autres ceps de la même parcelle. Toutes choses égales d'ailleurs et sans modifier autour des racines la concentration de l'engrais, nous avons ainsi provoqué un développement plus exigeant de ces ceps. Il s'agissait de savoir si le chimisme de la feuille témoignerait du fait que les mêmes quantités d'aliments, puisés dans les mêmes conditions, devaient être ici réparties entre des rameaux plus nombreux.

Nous n'avons relevé jusqu'à présent que les teneurs en azote; mais elles sont suffisantes pour répondre à la question posée. Chacun des nombres réunis dans le tableau suivant résulte d'au moins deux dosages concordants au Kjeldahl. La vendange s'est effectuée le 13 et 14 septembre 1925.

Azote pour 100 *de la matière sèche de la feuille.*

	1925............	16 mai.	17 juin.	16 juillet.	14 août.	15 sept.	16 oct.
Témoin	6 coursons...	1,98	1,65	1,50	1,20	1,35	0,95
	9 coursons...	1,05	0,54	0,56	0,48	0,61	0,56
Fumure B	6 coursons...	2,59	2,15	1,95	1,30	1,75	1,05
	9 coursons...	1,31	0,79	0,65	0,59	0,82	0,50

La chute des teneurs en azote est non seulement saisissable, mais très importante et permanente. Ces documents analytiques expliquent comment les tailles trop généreuses épuisent rapidement une vigne, même soutenue par une fumure qui, appliquée à la même vigne taillée normalement, la garantirait contre tout épuisement. Sous le point de vue qui nous occupe, ces résultats justifient la conclusion suivante :

Chez une même vigne, aussi bien avec une excellente fumure intensive qu'en l'absence de toute fumure, les teneurs en azote des feuilles situées à la base des rameaux fructifères s'abaissent notablement quand on porte

de 6 à 9 le nombre des rameaux fructifères par cep. La traduction graphique de ces résultats suggère en outre d'autres remarques dont nous ne ferons pas état en ce moment.

En résumé, dans les limites de nos observations, *le diagnostic tiré du chimisme de la feuille est aussi fidèle et aussi sensible pour l'intensité que pour la nature de l'alimentation.*

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action biologique des rayons X de différentes longueurs d'onde.* Note (¹) de **M. A. Dognon**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente (²) M. Dauvillier, discutant l'interprétation de certains de mes résultats (³) relatifs à l'action biologique des radiations 0,22; 0,70; 1,54 Å, arrive, d'après mes chiffres, à la conclusion que ces radiations possèdent des actions biologiques égales, alors que j'avais conclu aux rapports respectifs de 2; 1; 1,5.

Au sujet de la comparaison des deux premières de ces radiations, la question qui se pose est la suivante. Comparé à SO^2, par exemple, l'air montre pour la plus courte de ces longueurs d'onde une ionisation anormalement grande. Ce supplément d'ionisation intervient-il de la même façon dans le matériel biologique irradié (il n'y a plus alors à en tenir compte) ou, au contraire, représente-t-il dans le cas de mes expériences un facteur dû à la chambre d'ionisation? D'une façon plus générale, est-il dû à une cause qui n'existe plus dans le cas du tissu, auquel cas un terme de correction devient nécessaire. C'est ce que j'ai supposé, en utilisant comme système de référence l'ionisation dans SO^2 (ou CH^3Br). C'est la raison pour laquelle j'ai employé une chambre d'un diamètre relativement restreint (5^{cm}) qui serait insuffisant dans le cas de l'air, mais qui convient pour SO^2. Ce point, discuté en divers endroits de mon travail, ne constitue donc pas une erreur qui s'y serait « glissée ». La comparaison de cette chambre avec une très grande chambre d'ionisation (40×16^{cm}) montre que, pour des ionisations correspondant à $\lambda = 0,7$ Å. égales, elle sous-estime 1,4 fois environ l'intensité de $\lambda = 0,22$ Å.

(¹) Séance du 8 février 1926.

(²) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1130.

(³) *Arch. Phys. biol.*, 4, f. 2, juin 1925, p. 87 à 182.

En réalité, les bases du calcul par lequel M. Dauvillier arrive à faire cadrer mes chiffres avec la loi de l'égale action à égale énergie, sont assez incertaines, et l'on pourrait sans peine, à partir d'autres données tout à fait admissibles, arriver à un résultat très différent et réduire de beaucoup l'importance relative de l'ionisation par dispersion (en particulier, le rapport de la diffusion à l'absorption sélective n'est pas 11, pour 0,22 Å, mais 5 ou 6 au maximum).

Il n'y a d'autre part guère plus de raisons de considérer que l'ionisation dans une cellule est plus voisine de celle de l'air que de celle de SO^2, dans l'ignorance absolue où nous sommes du corps réellement sensible au point de vue biologique.

Ces incertitudes mêmes ont fait que j'ai préféré rapporter mes résultats biologiques au phénomène de l'ionisation dans SO^2, que j'avais contrôlé comme normal, plutôt qu'au phénomène aberrant et encore mal connu de l'ionisation dans l'air, qui exposerait d'autres expérimentateurs à obtenir des résultats peu comparables pour de petites variations de la longueur d'onde employée.

Mais il y a plus, et l'on peut montrer, *indépendamment de toute méthode de mesure* et par conséquent de toute théorie, que la loi de l'égale action à égale énergie absorbée, ne saurait être, si elle existe, qu'un cas particulier. Il suffit pour cela de montrer l'inégalité des rapports d'action de deux radiations données sur deux objets différents. Le facteur dépendant de la méthode de mesure, s'introduisant dans les deux termes du rapport, est éliminé. De telles expériences, faites par différents auteurs (Russ, Reiss, etc.) dans des conditions qui excluent le rôle possible de l'absorption différente des objets expérimentés, ont montré des variations considérables de ces rapports d'action. J'ai moi-même observé une variation, faible il est vrai (25 pour 100) de ce rapport, pour une cellule placée dans des conditions physiologiques différentes. De telles expériences nous montrent que la loi de variation de l'action biologique en fonction de λ varie suivant l'objet considéré, fait dont il n'y a pas lieu de s'étonner, si l'on considère que l'action du rayonnement est observée à travers la réaction complexe de la cellule.

En ce qui concerne les radiations 0,70 et 1,54 Å, où la dispersion ne vient pas compliquer les phénomènes, M. Dauvillier pense qu'une erreur a pu provenir de l'inégalité des surfaces focales des tubes, ou de la différence (mica et verre) des supports des préparations. L'étude de l'impor-

tance des surfaces focales avait fait de ma part l'objet d'essais préliminaires. Très sensible si l'on emploie une chambre à collimateur qui définit une région localisée du foyer, cet effet m'a paru négligeable avec une chambre pourvue d'un seul orifice d'entrée, à condition que l'ouverture des diaphragmes interposés soit grande par rapport aux dimensions du foyer. Dans le cas de l'anticathode de cuivre, si la fenêtre de sortie des rayons était de faible diamètre (3^{mm}), elle était située très près d'un foyer punctiforme.

En ce qui concerne la différence de support des préparations, le mica et le verre ayant des absorptions assez voisines, une erreur de ce fait est théoriquement peu probable. Par le fait, dans d'autres recherches employant la radiation 0,70 Å, et où les supports ont été indifféremment constitués par du mica ou du verre, aucune différence sensible n'a été observée.

En définitive nous croyons que les modifications apportées par M. Dauvillier à l'interprétation de nos résultats reposent sur des bases actuellement trop incertaines pour être considérées comme valables, et aboutissent de plus à l'énoncé d'une loi qu'un certain nombre d'autres faits rendent peu vraisemblable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la liquéfaction mécanique de l'empois d'amidon.* Note de MM. **P. Petit** et **Richard**.

Dans une Communication précédente, l'un de nous indiquait que l'amidon soluble était obtenu en traitant au secoueur mécanique un empois de fécule à 2 pour 100 additionné de traces de sels minéraux.

Nous avons constaté que la même transformation se produisait d'une manière certaine, sans intervention de sels et par des actions mécaniques plus énergiques.

L'empois, passé six fois au vaporisateur sous une pression de 1^{kg} d'air, acide carbonique ou hydrogène, se change en amidon soluble filtrant sur papier et présentant le pouvoir rotatoire moléculaire 210°.

On obtient le même résultat en traitant trois fois de suite l'empois, dans des tubes à boucles ou munis de saillies intérieures, le liquide étant entraîné par de l'air divisé de manière à provoquer des secousses violentes, et en terminant par deux pulvérisations.

Dans une telle opération, la viscosité en degrés de l'ixomètre Barbey

étant à 20°, 23,5 pour l'empois, devient 141 après le premier passage, 365 après le troisième et 596 après la seconde pulvérisation; la viscosité est donc réduite dans le rapport de 25 à 1. Le liquide filtre sur papier.

Abandonné à lui-même soit en présence de toluène, soit après stérilisation à 100°, il est très faiblement louche mais, après un temps variable entre quelques jours et plusieurs mois suivant le degré de louche initial, il se trouble et finit par devenir très chargé. Quand le liquide stérilisé est resté six ou sept mois au laboratoire, le trouble est partiellement séparé par une centrifuge à 3000 tours et le dépôt traité par l'iode étendu montre de très nombreux granules d'amidon, ayant une dimension d'environ $0^{\mu},5$, les uns libres, les autres fixés sur de la cellulose en fibres.

Dans les quelques cas où l'amidon soluble a pu être obtenu parfaitement clair, par dépôt, puis stérilisé à 100°, il demeure indéfiniment limpide.

Les matières formant le louche initial servent donc de foyers d'attraction pour l'amidon soluble.

Le trouble obtenu après plusieurs mois du liquide stérilisé, étant traité par l'analyse du malt à 50°, laisse séparer de la cellulose entraînant de l'amidon et cédant ce dernier à l'eau chaude par fractions à mesure que la température est plus élevée.

D'autre part, en traitant par l'amylase à 20° et dans les mêmes conditions de l'empois et l'amidon soluble en provenant, le premier fournit un très peu abondant dépôt, le second un précipité floconneux très volumineux.

Ces précipités, lavés et recueillis sur filtre taré, représentent en pour 100 de la fécule sèche mise en œuvre :

Empois..	0,91
Amidon soluble..................................	2,79

Ils cèdent de l'amidon à l'eau et indéfiniment à mesure que la température monte.

On a préparé une certaine quantité de cette matière, qui a été séchée dans le vide et l'on a obtenu pour 100 de sa matière sèche :

HCl étendu et bouillant 3 heures........................	61,4 de glucose
Cuisson 2 heures à $3^{kg},5$ puis HCl étendu et bouillant 3 heures..	100,5 »
Cuisson comme ci-dessus et amylase à 50°...............	73,9 de maltose

L'action de l'acide étendu et bouillant laisse un résidu qui, chauffé avec

l'eau, cède encore de la dextrine et de l'amidon; la partie principale est de la cellulose.

Le résidu de la cuisson sous pression est constitué seulement par de la cellulose.

Ces précipités se comportent donc comme les corps qui ont été désignés sous le nom d'*amyloses condensés*; les actions mécaniques qui forment l'amidon soluble séparent ces corps en même temps qu'elles suppriment la viscosité de l'empois. Il s'agit donc de cellulose protégeant très fortement l'amidon qui lui est mélangé dans l'empois, contre l'action de l'eau et même de l'acide étendu et bouillant.

Des essais préalables nous ont montré que la fécule, après traitement par l'éther de pétrole bouillant au-dessous de 35°, abandonnait une matière cireuse avec des éléments cristallisés et donnait ensuite des empois très peu visqueux, capables de donner aisément de l'amidon soluble.

D'autres essais ont indiqué également que les traitements mécaniques ci-dessus cités conduisaient à des modifications intéressantes d'autres colloïdes et ces diverses recherches sont continuées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'émulsine des amandes sur l'arabinose-l en solution dans des alcools éthyliques de différents titres.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Béguin**, présentée par M. L. Guignard.

En 1923, M. Bridel et J. Charpentier [1] ont reconnu que l'émulsine des amandes agissait sur une solution d'arabinose-*l* dans l'alcool à 70° en diminuant, à la fois, son pouvoir réducteur et son pouvoir rotatoire. En 4 mois, il s'était combiné 25,7 pour 100 de l'arabinose-*l* mis en œuvre. Nous avons entrepris l'étude systématique de cette réaction.

L'arabinose-*l* employé avait été débarrassé du galactose par fermentation et présentait un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +102°,2$ ($p = 0,7541$; $v = 25$; $l = 2$; $\alpha = +6°,10$; $t = +20°$). Il était pur. On l'a dissous dans des alcools éthyliques à 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 et 95 pour 100 en poids. Après avoir déterminé la rotation et le pouvoir réducteur de ces solutions, on a ajouté $0^g,50$ d'émulsine pour 250^{cm^3} et l'on a mis les flacons à l'étuve à +33°. On a renouvelé le ferment les 21^e^, 49^e^ et 80^e^ jours. On a laissé la

[1] *Sur la caractérisation biochimique du galactose dans un mélange renfermant galactose et arabinose* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 908).

réaction se prolonger pendant 280 jours en déterminant, de temps en temps, la rotation et le pouvoir réducteur.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus à partir de l'alcool à 40 pour 100, la synthèse étant par trop faible dans les alcools de titre inférieur :

	Début.		Après 280 jours.		Arabinose combiné	
Alcool pour 100.	α (l = 2).	Arabinose pour 100cm³.	α (l = 2).	Arabinose pour 100cm³.	en gr. pour 100cm³.	pour 100
	° ′	g	° ′	g	g	
40.....	+1.56	0,922	+1.39	0,886	0,036	3,9
50.....	+1.52	0,980	+1.39	0,868	0,112	11,4
60.....	+1.56	0,964	+1.32	0,870	0,094	9,7
70.....	+1.42	0,964	+1.18	0,768	0,196	20,3
80.....	+1.40	0,990	+ 54	0,591	0,399	40,3
90.....	+1.24	0,942	+ 24	0,344	0,598	63,4
95.....	+1.18	0,854	+ 16	0,270	0,584	68,3

Dans tous les alcools, l'émulsine a provoqué la combinaison de l'arabinose, et la combinaison est d'autant plus forte que le titre alcoolique est plus élevé, sauf pour l'alcool à 60 pour 100 dans lequel le ferment causant la réaction doit être détruit plus facilement que dans les autres alcools.

La réaction synthétisante est très lente; elle n'était pas terminée le 280e jour.

Il ressort nettement de l'examen de ces résultats que la combinaison qui se forme, sous l'action de l'émulsine, entre l'arabinose-*l* et l'alcool éthylique doit avoir un pouvoir rotatoire inférieur à celui de l'arabinose-*l* lui-même. L'émulsine se comporte donc avec l'arabinose-*l* comme avec le glucose-*d* et le galactose-*d*, et l'on devrait en conclure qu'on obtiendra ainsi les arabinosides-β comme on a obtenu les glucosides-β et les galactosides-β. Mais il faut faire remarquer que l'arabinose employé n'appartient pas à la même série que le glucose-*d* et que le galactose-*d* : il dérive du glucose-*l* et, bien que dextrogyre, il est désigné sous le nom d'arabinose-*l*. Dans les sucres de la série *d*, on désigne la forme à pouvoir rotatoire élevé par la lettre α et la forme à pouvoir rotatoire faible par la lettre β, les combinaisons glucosidiques conservant la même lettre que le sucre dont elles dérivent.

Dans la série *l*, les désignations doivent être inverses : la lettre α doit correspondre à la forme à pouvoir rotatoire faible et la lettre β à la forme à pouvoir rotatoire élevé. Pour se conformer à cette nomenclature, les arabinosides dérivés de l'arabinose-*l* à faible pouvoir rotatoire doivent être

les *l*-arabinosides-α et ceux qui dérivent de l'arabinose-*l* à pouvoir rotatoire élevé les *l*-arabinosides-β.

Nous sommes, à ce sujet, en complet accord avec M. C. Hudson qui a obtenu à l'état cristallisé les deux méthyl-*l*-arabinosides et qui désigne par la lettre α le méthyl-*l*-arabinoside à faible pouvoir rotatoire ($\alpha_D = +17°,3$) et par la lettre β celui à pouvoir rotatoire élevé ($\alpha_D = +245°,5$) (1).

Dans ces conditions l'émulsine, provoquant une diminution de rotation dans les solutions alcooliques d'arabinose-*l*, doit donc réaliser la synthèse des *l*-arabinosides-α.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'oxydation microbienne du soufre.* Note de M. G. Guittonneau, présentée par M. Lindet.

En étudiant l'action de quelques micro-organismes du sol sur le soufre en présence du succinate d'ammonium comme aliment organique azoté, c'est-à-dire dans des conditions particulièrement favorables à la recherche analytique des produits formés, j'ai antérieurement établi les points suivants (2) :

1° Certains de ces microorganismes solubilisent le soufre à l'état d'hyposulfites ;

2° Si à l'action des producteurs d'hyposulfites on superpose l'action d'une autre espèce microbienne capable de transformer les hyposulfites en sulfates, de fortes doses de sulfates s'accumulent dans les cultures, alors même que l'espèce microbienne qui oxyde les hyposulfites ne s'attaque pas directement au soufre.

Ces faits laissaient présumer que, dans les sols riches en matière organique, l'oxydation totale du soufre peut relever, au moins pour une large part, d'un mécanisme indirect comportant la production d'hyposulfites comme terme intermédiaire.

Une telle hypothèse implique avant tout l'idée que la propriété d'oxyder le soufre ou l'hyposulfite est en quelque sorte spécifique pour chacun des groupes de microbes étudiés, que cette propriété est de ce fait indépendante de toute réaction secondaire de fermentation et que, par conséquent, elle reste semblable à elle-même quel que soit l'aliment organique consommé

(1) *The Journ. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 265; 46, 1924, p. 2591.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1142, et 181, 1925, p. 261.

par l'être vivant qui la possède. Or l'expérience m'a montré qu'il en est bien ainsi.

Cette vérification expérimentale a été établie en substituant au succinate d'ammonium, dans des cultures analogues à celles qui ont servi de base à mes premières études, des aliments organiques de natures diverses. Et comme les microbes décrits dans mes deux dernières Notes ([1]) peuvent s'accommoder d'un grand nombre de ces aliments organiques, il m'a suffi de m'adresser à eux pour faire face à tous les besoins de ma démonstration. Je rappelle que dans mes recherches antérieures MM_1 (bactérie) et ET_2 (microsiphoné) représentaient deux producteurs d'hyposulfites, et b_2 une bactérie qui transformait les hyposulfites en sulfates.

MM_1 produit encore des hyposulfites et son association avec b_2 fait toujours apparaître des sulfates dans les cultures faites en présence d'acétate, de lactate, de citrate et de tartrate d'ammonium. Rien n'est changé lorsqu'à ces sels ammoniacaux on substitue un amide tel que l'acétamide, un amino-acide tel que l'alanine, un amide amino-acide tel que l'asparagine ou un mélange de polypeptides aussi complexe que celui que l'on rencontre dans les peptones commerciales.

D'autre part, ET_2 et b_2 peuvent prendre l'azote nécessaire à leur croissance et à leur entretien au chlorure d'ammonium lorsqu'ils disposent en même temps d'un aliment ternaire approprié à leurs besoins comme la glycérine, le glucose ou l'amidon ([2]). Dans ces conditions, comme en présence de succinate d'ammonium, ET_2 transforme le soufre en hyposulfites lorsqu'il se développe seul, tandis que son action jointe à celle de b_2 provoque la formation de sulfates dans les cultures.

Dans le tableau suivant qui résume les résultats de mes expériences, le soufre solubilisé en une soixantaine de jours, à partir de la fleur de soufre, est exprimé en milligrammes d'anhydride hyposulfureux ou d'anhydride sulfurique pour 100^{cm^3} de liquide de culture, déduction étant faite dans tous les cas des traces de soufre soluble que peuvent contenir, sous diverses formes, les solutions nutritives employées.

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1142 et **181**, 1925, p. 261.

([2]) Les cultures sont alors faites en présence d'un excès de carbonate de calcium.

Aliments organiques consommés.	MM_1.		MM_1+b_2.		ET_2.		ET_2+b_2.		b_2.	
	S^2O^2.	SO^3.	S^2O^2.	SO^3.	S^2O^2.	SO^3.	S^2O^2.	SO^3.	S^2O^2.	SO^3.
Acétate d'ammonium	319,7	0	45,7	212,8	»	»	»	»	0	0
Lactate d'ammonium	192,6	0	0	291,7	»	»	»	»	0	0
Citrate d'ammonium.	143,2	0	0	157,9	»	»	»	»	0	0
Tartrate d'ammonium	88,9	0	0	154,4	»	»	»	»	0	0
Acétamide	92,6	0	0	51,5	»	»	»	»	0	0
Alanine............	303,8	0	17,3	277,9	»	»	»	»	0	0
Asparagine.........	185,6	0	0	271,2	»	»	»	»	0	0
Peptone	212,4	0	0	205,9	»	»	»	»	0	0
Glycérine..........	»	»	»	»	264,3	0	0	205	0	0
Glucose	»	»	»	»	200	0	0	78,8	0	0
Amidon	»	»	»	»	140,8	0	0	236,8	0	0

MICROBIOLOGIE. — *Influence de l'aluminium métallique sur l'activité des bactéries fixatrices d'azote.* Note de MM. **Georges Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. G. André.

Nous avons pu établir en 1924 (¹) que des maïs cultivés dans du sable calciné et dans un milieu nutritif Mazé, dépourvu d'azote, peuvent se développer jusqu'à la maturité de leurs graines, à la seule condition que des bactéries fixatrices d'azote soient inoculées dans le milieu de culture, ces bactéries ne recevant aucuns matériaux énergétiques autres que ceux excrétés par les maïs.

Nous avons repris en 1925 notre technique de 1924 en la modifiant notablement. Nous avons à nouveau confirmé l'utilisation par le maïs de l'azote de l'air fixé par des bactéries; mais, au cours de ces expériences, le pullulement des bactéries fixatrices d'azote, et, par suite, le développement des plantes inoculées fut moindre qu'en 1924. On ne pouvait attribuer ces divergences de résultats qu'aux modifications introduites à nos appareils de culture en 1925. Parmi les divers changements apportés, deux nous parurent particulièrement importants :

1° La nature et la composition différentes du sable utilisé comme milieu solide; par exemple, le sable utilisé en 1924 contenait 28^{mg} de fer et celui de 1925 18^{mg} de fer par kilogramme;

(¹) G. Truffaut et N. Bezssonoff, *C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1077; *Science du Sol*, 4, 1925, p. 3.

2° L'absence d'aluminium à l'état métallique.

Dans nos cultures de 1924, les pots à fleurs contenant le sable où se développaient les maïs étaient maintenus par des anneaux d'aluminium munis de prolongements horizontaux qui servaient simplement à maintenir ces pots en place et qui, au début de l'expérience, plongeaient dans le milieu de culture liquide.

Afin d'étudier le rôle de ces deux facteurs sur la fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries, nous avons organisé l'expérience suivante : Dans 16 ballons à large col en pyrex, de 800$^{cm^3}$, nous avons introduit 500$^{cm^3}$ de milieu liquide Mazé pour maïs dépourvu d'azote, plus 5^g de lévulose et 5^g de mannite. Au centre de ces ballons, des creusets en alundum de 50$^{cm^3}$ furent suspendus par des fils de soie, de manière à être partiellement immergés dans le liquide. Huit creusets reçurent 40^g du sable employé dans nos expériences de 1924, et 8 autres 40^g du sable utilisé dans nos essais de 1925. Dans chacune des séries (sable 1924 et sable 1925) 4 creusets furent ceinturés d'aluminium, les ballons en pyrex furent bouchés à l'ouate et stérilisés. Chaque appareil fut ultérieurement inoculé par un mélange des quatre fixateurs d'azote : *Clostridium pastorianum*, *Azotobacter chroococcum* et *Vinelandi* et *Bacillus Truffauti*. Ils furent mis en incubation à l'étuve à 26°.

Il se produisit une très violente fermentation bactérienne, plus accentuée dans les appareils qui contenaient de l'aluminium que dans ceux qui n'en avaient pas reçu.

Les dosages d'azote (méthode Joldbauer) et de sucre furent faits 7 jours, 30 jours ou 37 jours après l'incubation, la première fois sur deux ballons, les deuxième et troisième fois sur un ballon de chaque série.

Les résultats sont réunis dans le Tableau de la page suivante.

Le coefficient de fixation d'azote par gramme de sucre utilisé est nettement amélioré en présence de l'aluminium.

L'influence favorable de l'aluminium métallique se dégage nettement de l'examen des chiffres du tableau ci-après, soit qu'on les étudie séparément ou que l'on étudie les moyennes concernant aussi bien les sables utilisés en 1924 que ceux utilisés en 1925.

L'influence du sable 1925 semble être, dans le cas de cultures bactériennes sans plantes, plus favorable à l'action des fixateurs d'azote que celle du sable 1924.

Nous tenons à faire remarquer qu'au moment où nous mettions en marche

cette expérience sur l'aluminium, M. le professeur Kostitchew nous communique qu'il avait lui-même constaté l'influence favorable de l'aluminium métallique sur la fixation biologique de l'azote.

AZOTE FIXÉ EN MILLIGRAMMES.

	Sable 1924.		Sable 1925.	
	Azote total fixé en milligrammes.	Azote fixé par gramme de sucre utilisé.	Azote total fixé en milligrammes.	Azote fixé par gramme de sucre utilisé.
Avec aluminium.				
Après 7 jours	9,1	2,56	7,0	1,9
» 30 jours	14,6	3,6	16,9	3,6
» 37 jours	9,2	2,2	19,1	3,9
Moyenne	11	2,7	14,2	3,1
Sans aluminium.				
Après 7 jours	4,05	1,5	5,9	1,32
» 30 jours	9,0	2,6	13,3	2,8
» 37 jours	11,0	2,3	16,5	3,4
Moyenne	8,10	2,1	12	2,5

MÉDECINE. — *La défense de l'organisme contre les médicaments.* Note de M. Marage, présentée par M. d'Arsonval.

Faits d'expérience. — On sait qu'un assez grand nombre de malades hyperacides éprouvent une aggravation plus ou moins passagère lorsqu'ils font usage soit de bicarbonate de soude, soit d'eaux minérales bicarbonatées sodiques fortes; leur acidité urinaire augmente et est souvent accompagnée de crises de coliques hépatiques ou néphrétiques suivant l'organe qui est lésé. Ce n'est pas simplement dans l'organisme une réaction chimique qui a lieu comme dans un tube à essai où l'on met en présence une base et un acide, il y a autre chose qui se passe, et cette autre chose produit une réaction qui semble contraire aux lois de la Chimie.

Expérience. — Pour produire des phénomènes analogues à ceux que je viens d'indiquer je me suis adressé à certains micro-organismes qui produisent le kéfir. Cette fermentation spéciale du lait est due à deux ferments figurés : une levure appelée *Saccharomyces kéfir*, analogue aux levures de

bière et de raisin et un bacille, *Bacillus caucasicus*. Un seul de ces éléments ne peut produire la fermentation kéfirique, il faut qu'ils soient réunis; leur collaboration ou, si l'on veut, leur symbiose, est indispensable; j'ajoute que des bactéries étrangères empêcheraient la production du kéfir.

On se trouve donc en présence d'une petite société coopérative très simple ayant pour but la production de kéfir et d'acide lactique. Il semble donc, chimiquement parlant, que si l'on met ces deux ferments en présence de lait et de bicarbonate de soude, leur travail sera gêné et la production d'acide lactique diminuée, puisque, à mesure qu'il y aura production d'acide lactique, il y aura formation de lactate de chaux et dégagement d'acide carbonique. Les expériences suivantes ont été faites.

Des tubes au lait stérile sont ensemencés de la façon suivante :

Tube témoin...	10 cm³	de lait	+ 1 cm³	de kéfir de 3 jours			
Tube 1........	10	»	+ 1	»	+ 0,10 cg	de bicarbonate de soude
Tube 2........	10	»	+ 1	»	+ 0,15	»
Tube 3........	10	»	+ 1	»	+ 0,20	»

Une série analogue est ensemencée de la même façon et avec les mêmes quantités de levure, avec un autre échantillon de kéfir et les mêmes quantités de bicarbonate.

Trois jours après l'ensemencement on peut constater dans les deux séries de tubes des phénomènes analogues, c'est-à-dire que : dans les deux tubes témoins le caillot de caséine est compact et surnage une couche de liquide clair; dans les six tubes contenant du bicarbonate le lait est coagulé, mais on n'observe pas la séparation du caillot et du sérum.

DOSAGE A LA PHTALÉINE APRÈS HOMOGÉNÉISATION PAR AGITATION VIOLENTE.

Échantillon de kéfir I.

	Dosages.	
Témoin.......	7,02 g	Acidité en acide lactique par litre.
Tube 1.......	9,54	
Tube 2.......	7,92	
Tube 3.......	7,30	

Échantillon de kéfir II.

Témoin.......	8,19	Acidité en acide lactique par litre.
Tube 1.......	9,45	
Tube 2.......	9,54	
Tube 3.......	9,18	

On voit donc que, dans toutes les expériences, il y a augmentation d'acide lactique. Dans la première série l'acide lactique peut passer par litre de $7^g,02$ à $9^g,54$, et dans la seconde de $8^g,19$ par litre à $9^g,54$ en prenant les deux cas les plus favorables.

Conséquences. — 1. L'organisme ne saurait être considéré comme un récipient inerte dans lequel se produisent des réactions suivant les lois ordinaires de la chimie. L'organisme se défend contre les médicaments et les réactions produites sont absolument contraires à celles que l'on attendait; médicalement parlant, c'est une aggravation.

2. La santé normale n'existe que chez les sujets dont aucun organe n'a jamais été malade; c'est-à-dire que chaque organe remplit sa fonction et uniquement sa fonction sans plus ni moins. Un organe qui a été malade ne revient jamais complètement *ad integrum*, sa fonction s'accomplit alors plus ou moins bien, mais d'autres organes le suppléent, et il en résulte un état d'équilibre instable, qui semble être la santé mais qui n'en est que l'apparence; cet état de prémaladie peut durer parfois fort longtemps, jusqu'au jour où un organe de suppléance se fatigue et cesse de remplir un rôle suffisant; l'équilibre est alors détruit, c'est la maladie.

3. C'est ainsi que souvent l'hyperacidité chez les anciens tuberculeux, l'hypertension artérielle chez les Brightiques, les végétations adénoïdes chez les enfants prétuberculeux, sont des réactions de défense, que le médecin doit surveiller pour les empêcher de dépasser le but, mais doit bien se garder de supprimer.

4. L'organisme se défend seul contre les maladies de quelque nature qu'elles soient. Le rôle du médecin est d'aider les réactions de défense :

MÉDECINE. — *Action de la diathermie dans la blennorrhagie.* Note de (¹) M. **Roucayrol**, présentée par M. d'Arsonval.

La diathermie appliquée suivant ma méthode, et en se conformant rigoureusement aux indications techniques formulées, amène la disparition de la flore microbienne que l'on rencontre au cours des infections des organes génitaux.

J'ai cru d'abord que c'était la chaleur qui agissait et qui tuait les microbes; c'était d'ailleurs le point de départ de ma méthode endo-orga-

(¹) Séance du 1er mars 1926.

nique. Cette hypothèse expliquerait la disparition du gonocoque, mais non la disparition des autres microbes beaucoup plus résistants à la chaleur (staphylocoques, entérocoques, coliformes, etc.).

A la suite de l'étude des exsudats, à laquelle je me suis livré systématiquement chez tous les malades depuis 1911, je suis arrivé aux conclusions suivantes : La diathermie a le pouvoir de mettre en liberté la toxine microbienne. Cette toxine (et non le microbe ou la chaleur) exalte la défense de l'organisme, provoquant une polynucléose jeune et abondante, qui englobe et ramène à l'extérieur les bactéries détoxinées.

Les examens microscopiques permettent de constater que la polynucléose suit une courbe ascendante, qui commence aux polynucléaires vieux, pour atteindre les polynucléaires adultes, en passant par les polynucléaires jeunes. Elle continue en plateau, pour descendre ensuite doucement. A mesure que les polynucléaires diminuent, les cellules épithéliales augmentent.

La courbe d'élimination microbienne suit la même progression. Après la disparition des microbes, les polynucléaires deviennent rapidement très rares; et l'on peut continuer indéfiniment la diathermie sans les voir réapparaître.

S'il se produit une réinfection le même cycle recommence.

Dans la blennorrhagie chronique, cette action de la diathermie permet de reconnaître la présence du gonocoque caché qui échappe à tout autre moyen de recherche. La guérison complète est obtenue lorsqu'on continue la d'Arsonvalisation, après la disparition des microbes, jusqu'au moment où l'on retrouve des polynucléaires vieux et des cellules. Ce résultat est vérifié par les différentes cultures de contrôle (traitement d'épreuve).

L'application de cette formule cytologique permet, à coup sûr, de porter un diagnostic de *guérison définitive*. Je ne l'ai encore jamais trouvée en défaut; et elle a permis de démontrer à certains malades peu consciencieux des réinfections qu'ils s'efforçaient de dissimuler.

La séance est levée à $15^{h}55^{m}$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Aurore boréale et perturbation magnétique du* 9 *mars* 1926 *à l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **H. Deslandres**.

Nous avons observé le 9 mars, à Meudon, une aurore boréale accompagnée d'une perturbation de l'aiguille aimantée, et dans les conditions suivantes :

Le ciel était resté couvert pendant la journée, puis s'était éclairci vers 19^h45^m, à un moment où tous les astronomes étaient rentrés chez eux. M^lle^ Maricaneanu, doctoresse ès sciences, qui s'était attardée au laboratoire, et une autre jeune fille habitant l'Observatoire, qui rentrait à son domicile ([1]), ont aperçu le ciel embrasé au nord du bâtiment des communs, et ont averti le personnel. C'était une aurore boréale en forme d'arc légèrement bleu à l'horizon, et au-dessus d'un beau rouge, avec ses rayons caractéristiques très nets, et de couleur plutôt blanche. L'illumination est restée intense pendant un temps très court, et, à 20^h15^m, elle était à peine perceptible.

Au même moment, à 20^h, les enregistreurs magnétiques de l'Observatoire, révélaient une déviation notable de la déclinaison, déviation brusque, et plus forte que toutes celles qui ont suivi.

Ces deux phénomènes simultanés sont à rapprocher des phénomènes similaires observés aussi à Meudon le 26 janvier dernier ([2]). Les aurores

([1]) La seconde jeune fille a pensé d'abord qu'il y avait le feu à l'Observatoire, et s'est portée en courant vers sa demeure; puis elle a été un peu rassurée en constatant qu'il n'y avait pas de fumée au-dessus du bâtiment.

([2]) Voir *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296.

boréales, en particulier, sont très rares sous nos latitudes, et il convient de les signaler.

Les deux phénomènes sont dus certainement à une action spéciale du Soleil, et, pour une large part tout au moins, à un rayonnement corpusculaire émané de lui et formé d'électrons négatifs. On admet souvent que ce rayonnement est lié à la présence de taches dans le voisinage du méridien central de l'astre; en fait, nous ne connaissons pas encore la partie du Soleil (tache ou facule plus large, ou protubérances liées aux filaments noirs de la couche supérieure) qui est vraiment active.

La comparaison des deux orages magnétiques du 26 janvier et du 9 mars est à ce point de vue instructive.

Le 26 janvier, une très grosse tache de l'hémisphère nord, visible à l'œil nu, et une facule très étendue, liée à la tache, avaient traversé ou traversaient le méridien central, et il semblait naturel de rapporter à cette tache exceptionnelle les phénomènes exceptionnels observés sur la Terre.

Le 9 mars, on a dans le voisinage du méridien central un groupe de petites taches (latitude nord $+20^\circ$) qui sont en décroissance, et autour une facule seulement moyenne. A signaler aussi sur les belles épreuves de l'atmosphère supérieure dues à d'Azambuja, au nord des petites taches, un filament prolongé par un alignement jusqu'au bord est où se trouvent de hautes et larges protubérances.

Le rattachement à la tache seule est donc discutable [1]; mais la dépendance par rapport au Soleil s'impose par le fait suivant : Souvent ces perturbations magnétiques sont périodiques et se présentent à des intervalles qui sont des multiples de la durée de rotation synodique de l'astre. Il y a des régions spéciales, privilégiées du Soleil, qui, à leur passage devant la Terre, y provoquent un trouble des aimants. Ainsi, le 9 mars, au début de la perturbation, la partie du Soleil qui occupait le méridien central, avait la longitude $171^\circ,7$ de la rotation n° 969 de Greenwich; or les rotations antérieures nos 968, 967, 964 et 962, ont offert aussi une perturbation pour la même longitude du méridien central, à quelques degrés près.

De même avec l'orage magnétique et l'aurore du 26 janvier, deux rotations antérieures et celle qui suit ont présenté aussi une perturbation notable pour la même longitude [2]. Il y a de plus ce fait curieux que les régions

(1) Dans la Note précédente, consacrée à l'aurore boréale du 26 janvier, j'ai émis l'opinion que l'élément actif du Soleil était plutôt la facule.

(2) Dans la recherche des perturbations magnétiques antérieures, qui correspondent à la même longitude du méridien central, on n'est pas remonté au delà de septembre 1926.

actives de l'astre, pour les deux orages magnétiques du 26 janvier et du 9 mars, sont opposées; leurs longitudes diffèrent de 180°, à quelques degrés près.

L'action exercée sur la Terre varie d'ailleurs avec la densité et la largeur du jet solaire de corpuscules, et aussi avec le champ magnétique solaire extérieur, qui le dévie plus ou moins. Ce champ, égal en moyenne à 10^{-7} gauss, est variable, et la Terre, d'autre part, est relativement petite.

Cette Note est seulement préliminaire ; la comparaison précise des phénomènes solaires et terrestres sera exposée ultérieurement.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une observation d'une aurore boréale le 9 mars.* Note de M. **A. Cotton**.

Le 9 mars dernier, vers 20h du soir, en sortant de la gare de Sèvres (Rive gauche), j'ai vu sur une partie étendue du ciel, dans une direction voisine de celle de Garches, une lueur rouge violacé assez vive occupant une partie étendue du ciel. Une autre traînée lumineuse de même couleur se voyait aussi, moins écartée de la direction du Nord. Le phénomène, qui a attiré l'attention de plusieurs des personnes qui descendaient comme moi du train venant de Paris, a disparu très vite ; il était totalement invisible au bout d'un instant.

A la même heure les courbes magnétiques enregistrées au Val Joyeux, et que M. Maurain, directeur de l'Institut de Physique du Globe, a bien voulu me communiquer, montrent une perturbation très nette. La courbe des déclinaisons en particulier montre une variation brusque extrêmement nette, avec un écart maximum atteignant 33 minutes dans le sens correspondant à une *diminution* de la déclinaison. La composante horizontale présentait une diminution égale à 0,0014 et la composante verticale un accroissement égal à 0,00027.

M. **G. Urbain** fait hommage à l'Académie du Troisième Rapport de la Commission internationale des éléments chimiques : *Table internationale des Isotopes*, 1926.

M. **A. Cotton** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *L'Électron en chimie. Cinq conférences faites à l'Institut Franklin de Philadelphie*, par Sir **J.-J. Thomson**, traduit par R. Fric, dont il a écrit la *Préface*.

En présentant à l'Académie le *Catalogue d'étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris*, M. **B. Baillaud** s'exprime en ces termes :

Au Congrès de la Carte photographique du ciel tenu à l'Observatoire de Paris en 1909 fut décidée, sur la proposition de Backlund et celle de B. Baillaud, la formation d'un catalogue fondamental comprenant des étoiles moins brillantes que celles indiquées jusqu'alors dans les éphémérides. Ces étoiles furent choisies par Backlund pour la région nord et par Hough pour la région sud; la liste en a été publiée dans la *Connaissance des Temps* pour 1914.

L'Observatoire de Paris entreprit dès novembre 1909 l'observation d'un certain nombre de ces étoiles. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un catalogue de 1844 étoiles préparé par M. Lambert, résultant des observations faites jusqu'en avril 1914 par de nombreux observateurs. C'est le premier catalogue d'étoiles fondamentales publié par l'Observatoire de Paris.

Le programme comprenait des séries d'observations par un même astronome de 9^h du matin à minuit.

La réalisation en fut confiée à MM. Fayet, Lambert et René Baillaud. Mais l'exécution fut troublée par le départ pour Nice du premier et du troisième. Il fut nécessaire d'introduire d'autres observateurs et de modifier le programme primitif. M. Fayet avait fait 3335 observations; M. René Baillaud 2675. En fait 24 personnes ont contribué très inégalement d'ailleurs aux observations. M. Lambert seul a participé au travail pendant toute sa durée : a fait 5353 observations, a discuté les résultats, formé et publié le catalogue même, lequel est rapporté à l'équinoxe de 1915,0. C'est grâce à l'activité de M. Lambert et à une subvention de l'Académie des Sciences (Fondation Loutreuil) que ce catalogue intéressant a pu malgré la guerre être exécuté et imprimé en 15 ans. Les observateurs ayant fait le plus grand nombre d'observations ont été : MM. Brandicourt, Simonin, Maneng, Fatou, Salet, Croze, Bordier. D'autres personnes ont contribué aux réductions et aux calculs. Parmi elles, M. Holub, de nationalité tchèque, a apporté une collaboration très importante à la discussion des résultats.

Un résultat semblable à ceux obtenus par Backlund à Poulkovo, à Odessa et à Nicolaef est la nécessité mise en évidence par la discussion de déterminer, pour le catalogue même, la valeur à adopter pour la constante

de la réfraction; on fut conduit à modifier aussi la correction de flexion. La recherche d'une équation de grandeur a montré que l'emploi du micromètre à fil entraîné la réduit à fort peu de chose. On n'a corrigé les résultats d'aucune équation personnelle. Dans les premiers temps du travail on avait trouvé entre les trois observateurs et, en moyenne, les résultats suivants :

$$F - B = -0^s,010, \quad L - B = -0^s,012, \quad F - L = -0^s,009.$$

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Villat** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des deux places vacantes de Membre non résidant.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Fonctions de Lamé et Fonctions de Mathieu*, par Pierre Humbert. (Présenté par M. P. Appell.)

2° *Séries analytiques. Sommabilité*, par A. Buhl. (Présenté par M. P. Appell.)

3° Travaux de la Station biologique de Roscoff publiés par Charles Pérez. *Les Mollusques marins du Finistère et en particulier de la région de Roscoff*, par Ph. Dautzenberg et P.-H. Fischer. (Présenté par M. F. Mesnil.)

4° *Étude sur la croissance des plantes*, par L. Demozay.

5° *Note sur les longueurs d'onde d'un spectre de raies*, par L. Demozay.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété des courbes gauches et son application à la démonstration du théorème de Beltrami.* Note de M. **Pierre Copel**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Il ne semble pas qu'on ait encore remarqué le théorème suivant :

Soient M_0 *un point d'une courbe gauche, origine des abscisses curvilignes;* M_1, M_2, M_3 *trois points d'abscisses curvilignes infiniment petites* s_1, s_2, s_3. *L'angle du plan* $M_1M_2M_3$ *avec le plan osculateur en* M_0 *est proportionnel à* $s_1 + s_2 + s_3$.

Rapportons la courbe à son trièdre de Frenet en M_0 :

$$x = s + \ldots, \qquad y = as^2 + \ldots, \qquad z = bs^3 + \ldots.$$

L'équation du plan $M_1 M_2 M_3$ est de la forme

$$Ax + By + Cz + D = 0,$$

A, B, C, D étant les mineurs du tableau

$$\left\| \begin{matrix} s_1 + \ldots & as_1^2 + \ldots & bs_1^3 + \ldots & 1 \\ s_2 + \ldots & as_2^2 + \ldots & bs_2^3 + \ldots & 1 \\ s_3 + \ldots & as_3^2 + \ldots & bs_3^3 + \ldots & 1 \end{matrix} \right\|.$$

On voit que D est de degré 6 en s_1, s_2, s_3; A de degré 5; B de degré 4 et C de degré 3; donc l'angle de $M_1M_2M_3$ avec xM_0y est équivalent à $-\frac{B}{C}$ qui est, en négligeant des infiniment petits d'ordre supérieur proportionnel à

$$\begin{vmatrix} 1 & s_1 & s_1^3 \\ 1 & s_2 & s_2^3 \\ 1 & s_3 & s_3^3 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 1 & s_1 & s_1^2 \\ 1 & s_2 & s_2^2 \\ 1 & s_3 & s_3^2 \end{vmatrix} = s_1 + s_2 + s_3.$$

A titre de cas particulier, ce théorème subsiste lorsque deux ou plusieurs points M viennent se confondre. En particulier :

L'angle infiniment petit du plan osculateur P′ *en un point* M′ *avec le plan osculateur* P *en* M *infiniment voisin est triple de l'angle avec* P *du plan* MTM′, MT *étant la tangente en* M.

En effet dans le premier cas on a

$$s_1 + s_2 + s_3 = s + s + s = 3s$$

et dans le second

$$s_1 + s_2 + s_3 = 0 + 0 + s = s.$$

Remarquons que si l'on opère avec une variable de moins on obtient le théorème analogue pour les courbes planes : *l'angle infiniment petit de la corde* $M_1 M_2$ *avec la tangente* $M_0 T$ *est proportionnel à* $s_1 + s_2$.

Et l'on obtient comme cas particulier analogue au précédent le théorème bien connu : *deux tangentes infiniment voisines forment avec la corde des contacts un triangle infiniment petit isoscèle*.

Le cas particulier que nous avons étudié va nous permettre d'établir maintenant de façon simple le théorème de Beltrami dont nous rappelons l'énoncé : *Le rayon de courbure d'une ligne asymptotique en un point d'une*

surface est égal aux deux tiers du rayon de courbure en ce point de la branche de la section de la surface par son plan tangent, qui lui est tangente.

Considérons le trièdre de Frenet MTNB en un point M de la ligne asymptotique : MTN est le plan tangent en M à la surface S. Soient M′ un point de la ligne asymptotique voisin de M et m' sa projection sur le plan MTN. Soient P, Q, R les points où la parallèle menée par m' à MN rencontre la branche considérée de la section, le plan osculateur en M′ et la tangente MT (P se trouve entre m' et R).

D'après le lemme, les angles infiniment petits m'QM′ et m'RM′ sont tels que $m'\text{QM}' = 3m'\text{RM}'$. Donc

$$\text{Q}m' = \frac{\text{R}m'}{3}, \quad \text{et} \quad \text{RQ} = \frac{2}{3}\text{R}m'.$$

Montrons que RP est équivalent à RQ, c'est-à-dire que QP est d'ordre supérieur à 2. Supposons que le rayon de courbure en M′ de la courbe M′P tende vers une limite non nulle lorsque M′ tend vers M. La courbe M′P est tangente à la droite M′Q, puisque Q appartient au plan tangent en M′ à la surface. M′P étant comme M′Q du second ordre, la distance PH de P à M′Q est du quatrième, et comme l'angle PQH est du premier, PQ est du troisième. Donc RP est équivalent à RQ et, par suite, à $\frac{2\text{R}m'}{3}$. Comme un rayon de courbure est inversement proportionnel à la distance d'un point voisin à la tangente, le rayon de courbure de la ligne asymptotique en M est égal aux deux tiers de celui du lieu de P : ce qui démontre le théorème.

Nous ferons encore cette dernière remarque : la démonstration ne s'applique pas lorsque la section de la surface S par le plan MNB présente en M un point de rebroussement. Cette exception est dans la nature des choses, car dans ce cas l'indicatrice est parabolique ; les deux branches de la section de la surface par le plan tangent sont elles-mêmes tangentes. Un cas particulier important est celui d'une surface développable en un point de son arête de rebroussement. On démontre aisément que : *le rayon de courbure de l'arête de rebroussement en un de ses points est égal aux trois quarts du rayon de courbure en ce point de la section de la surface par le plan tangent.* La démonstration est analogue à celle du théorème de Beltrami ; on se donne la surface comme lieu des tangentes à son arête de rebroussement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode d'intégration approchée contenant comme cas particuliers la méthode de W. Ritz, ainsi que celle des moindres carrés.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. J. Hadamard.

Les conditions de minimum dans la méthode de W. Ritz et dans la méthode des moindres carrés, telles que je les ai développées dans mes précédentes Notes ([1]), peuvent revêtir respectivement les formes suivantes :

$$\int_a^b L(y-y_n)\varphi_m\,dx=0; \tag{1}$$

$$\int_a^b L(y-y_n)L(\varphi_m)\,dx=0, \tag{2}$$

où $m\leq n$.

On pourrait donc élaborer toute une série de méthodes d'intégration approchée des équations différentielles de la physique mathématique en déterminant les coefficients de la solution approchée

$$y_n=\sum_{i=1}^{n} a_i^{(n)}\varphi_i\ ([2])$$

d'après les conditions

$$\int_a^b L(y-y_n)M(\varphi_m)\,dx=0 \qquad (m\leq n) \tag{3}$$

contenant comme cas particuliers les conditions (1) et (2) et où $M(\varphi_m)$ est un opérateur (différentiel si l'on veut) linéaire par rapport à φ_m, permettant d'établir la validité de $\lim\limits_{n\to\infty} y_n=y$ (où y est l'intégrale du système différentiel

$$L(y)=f; \qquad y(a)=y(b)=0, \tag{4}$$

et vérifiant pour toute fonction z la condition

$$\int_a^b L(z)M(z)\,dx>0, \tag{5}$$

suffisante, comme il est facile de s'en assurer, pour la résolubilité du sys-

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1316, et **181**, 1925, p. 86.

([2]) Dans le cas actuel φ_i peuvent être par exemple les sinus.

tème (3) par rapport à $a_i^{(n)}$. En prenant à titre d'exemple

$$L(y) = \frac{d^2 y(x)}{dx^2} + q(x)y(x), \qquad M(y) = \frac{d^2 y(x)}{dx^2} - r(x)y(x),$$

on voit que (5) sera remplie, si par exemple

$$(6) \qquad (q + r) < 0; \qquad \frac{1}{2}\frac{d^2(q+r)}{dx^2} + qr > 0,$$

et ceci, vu le choix arbitraire de $r(x)$, peut être réalisé de bien des façons, par exemple pour une même fonction $q(x) < 0$ donnée. Il est aisé de voir que la détermination de $a_i^{(n)}$ se fait d'après les conditions

$$(7) \qquad \int_a^b L(y - y_n)\,M(y - y_n)\,dx = \int_a^b L(y - y_n)\,M(y - Y_n)\,dx,$$

où Y_n sont les sommes d'ordre n, formées à l'aide des procédés de sommation connues (par exemple celui de M. L. Féjer ou celui de M. D. Jackson) pour l'intégrale $y(x)$. De (7) on tire aisément, en ayant égard aux conditions (6),

$$\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx < \sqrt{\int_a^b [M(Y_n - y)]^2\,dx} \times \left\{\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx} + \max|q|\sqrt{\int_a^b [y - y_n]^2\,dx}\right\},$$

$$\int_a^b [y - y_n]^2\,dx < \frac{1}{\min\left|\frac{1}{2}\frac{d^2(q+r)}{dx^2} + qr\right|}\sqrt{\int_a^b [M(y_n - y)]^2\,dx} \times \left\{\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx} + \max|q|\sqrt{\int_a^b [y - y_n]^2\,dx}\right\},$$

d'où l'on a

$$(8) \qquad \int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx < K\varepsilon_n,$$

où $K = \text{const.}$ et l'ordre de petitesse de ε_n peut être fixé en correspondance avec les conditions restrictives imposées aux $q(x)$ et $f(x)$. Or y et y_n vérifient les conditions frontières $y(a) = y(b) = y_n(a) = y_n(b) = 0$; donc

par l'emploi de la fonction de Green on s'assure que

$$|y - y_n| < \frac{1}{8}\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_r)}{dx^2}\right]^2 dx};$$

en combinant ceci avec (8) on obtient

$$|y - y_n| < k_1\sqrt{\varepsilon_n} \quad (\text{où } k_1 = \text{const. numérique}),$$

c'est-à-dire *non seulement la convergence du procédé, mais aussi l'estimation de l'erreur qu'on commet par cette méthode en s'arrêtant à la $n^{ième}$ approximation.*

La méthode ci-dessus exposée mérite, ce nous semble, quelque attention, car les raisonnements précédents peuvent être généralisés dans diverses directions et les conditions restrictives imposées aux $q(x)$ et $r(x)$ dans une large mesure dépendent du mode d'exposition.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode d'adjonction dans le calcul des variations.* Note [1] de M. **Leonida Tonelli**, présentée par M. Hadamard.

M. André Roussel a exposé [2] une méthode qui permet d'établir simplement la semi-continuité des intégrales du calcul des variations (certaines conditions étant supposées vérifiées), et qui fournit aussi un moyen pour la recherche directe de certains minima. M. Roussel appelle « méthode d'adjonction » ce procédé, et il en donne le principe de la façon suivante : Pour comparer les valeurs d'une intégrale I_C, sur une courbe donnée C_0, et sur diverses courbes C, nous chercherons à adjoindre à I une intégrale curviligne I', telle que l'on ait sur C_0, $I_{C_0} = I'_{C_0}$, et sur toute autre courbe $I_C \geqq I'_C$. Nous ferons alors l'étude de I'; de toute inégalité de la forme $I'_C \geqq I'_{C_0} + A$, on tirera $I_C \geqq I_{C_0} + A$.

Qu'il me soit permis de remarquer ici que, dans mon Livre *Fondamenti di Calcolo delle Variazioni* [3], j'avais déjà utilisé la méthode d'adjonction, sous la forme même énoncée par M. Roussel ou sous une forme un peu plus élastique, soit dans la démonstration de la semi-continuité, soit dans la recherche de certains minima.

Je voudrais m'arrêter quelques instants sur la semi-continuité.

---

(1) Séance du 8 mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 490 et 1387; **181**, 1925, p. 486.

(3) Bologna; I, 1922; II, 1924.

Dans le Tome I des *Fondamenti* (p. 392 et suiv.), j'ai donné le théorème suivant : « Si l'on a $f_{y'y'} \geqq 0$ pour tout y' et pour tous les points (x, y) du champ considéré, l'intégrale $I_C = \int_C f(x, y, y')\,dx$ est semi-continue inférieurement sur toute courbe $C_0[y = y_0(x),\ (a_0, b_0)]$ du champ, telle que $y_0(x)$ ait toujours une dérivée $y'_0(x)$ continue ».

Comme je l'ai explicitement remarqué à la page 392 de mon Livre (t. I), le principe de la démonstration est dans la décomposition de I_C en deux intégrales I'_C et I''_C, dont la première est une intégrale curviligne, fonction continue de C, et la seconde satisfait toujours à l'inégalité $I''_C \geqq 0$ (d'où $I_C \geqq I'_C$), et ainsi qu'à l'inégalité $I''_{C_0} < \sigma$, où σ est un nombre positif, donné à l'avance, aussi petit que l'on veut.

Je veux ajouter que le principe que je viens de rappeler m'a servi aussi pour démontrer la semi-continuité de I_C sur toute courbe $y = y_0(x)$ donnée par une fonction $y_0(x)$ absolument continue.

Je remarquerai encore que, dans mes *Fondamenti*, j'ai utilisé la méthode consistant à remplacer une intégrale donnée I_C par une autre I'_C (telle que l'on ait toujours $I_C \geqq I'_C$ et $I_{C_0} = I'_{C_0}$ sur une courbe C_0 donnée), pour établir l'existence du minimum en petit (t. II, p. 156 et suiv.), pour démontrer les résultats de M. Carathéodory (t. II, p. 193 et suiv.), et pour le problème de Newton (t. II, p. 447).

Remarque de M. Hadamard *au sujet de la Communication précédente.*

On voit que le principe d'adjonction en soi, a vu le jour de bien des côtés. On peut même raisonnablement le faire remonter à Weierstrass. Pour notre part, nous en avions fait un constant usage dans nos *Leçons sur le calcul des Variations* (p. 385). De tels principes valent en somme par le parti qu'on en tire ; et, à cet égard, le service rendu à la science par la découverte de la semi-continuité que l'on doit à M. Tonelli (et aussi quoique dans des conditions un peu moins générales à M. Goursat) est capital.

CINÉMATIQUE. — *Un théorème concernant le mouvement a deux paramètres d'un solide.* Note [1] de M. **Joseph Pérès**, présentée par M. Hadamard.

1. Je rappelle l'élégant théorème de M. Bricard [2] concernant le mouvement à deux paramètres M_2 d'un solide S autour d'un point fixe O : *le pôle instantané définit, entre les points de deux sphères de centre O, l'une fixe, l'autre mobile, une correspondance qui conserve les aires.*

Si l'on cherche le théorème analogue pour un M_2 quelconque, on voit de suite s'établir une correspondance entre deux congruences de droites avec *conservation de l'aire de la représentation sphérique*. Mais la correspondance en question jouit d'une autre propriété.

2. Utilisons la représentation d'un torseur comme vecteur complexe (l'unité complexe ε vérifiant la condition $\varepsilon^2 = 0$) [3]. Si, les axes étant rectangulaires, pqr, uvw sont les composantes de la résultante et du moment à l'origine du torseur, les composantes complexes du torseur sont

$$P = p + \varepsilon u, \qquad Q = q + \varepsilon v, \qquad R = r + \varepsilon w \qquad (\varepsilon^2 = 0).$$

Toute la théorie des vecteurs réels s'applique et l'on passe ainsi sans peine de la géométrie des droites issues de l'origine à la géométrie réglée générale : l'élément géométrique fondamental est en effet la droite considérée comme support (ou axe central) d'un torseur.

On voit de suite qu'une substitution orthogonale à coefficients complexes, effectuée sur les composantes complexes d'un torseur, équivaut à un déplacement des axes dans l'espace. Soient alors

$$A = a + \varepsilon l, \qquad B = b + \varepsilon m, \qquad C = c + \varepsilon n$$

les cosinus directeurs complexes d'une droite (a, b, c, l, m, n sont des coordonnées plückériennes); soit un déplacement infiniment petit, le torseur des vitesses ayant les composantes P, Q, R; au bout du temps dt, les cosinus directeurs complexes auront pris les accroissements

$$(1) \qquad dA = (QC - RB)\,dt, \qquad dB = (RA - PC)\,dt, \qquad dC = (PB - QA)\,dt.$$

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

[2] Voir Bricard, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 734; *Nouvelles Annales*, (5), 3, 1924-1925, p. 328; voir aussi Cartan, *Nouvelles Annales*, (6), 1, 1925-1926, p. 33.

[3] Cf. le livre de Cailler *Introduction à la Mécanique rationnelle*.

3. Si A, B, C dépendent d'un paramètre α, la droite engendre une surface réglée. La distance complexe infinitésimale de deux génératrices est donnée par la formule connue :

$$ds^2 = dA^2 + dB^2 + dC^2,$$

la partie réelle est l'élément d'arc de la représentation sphérique, le coefficient de ε, nul dans le cas d'une surface développable, est la plus courte distance des deux génératrices.

Si maintenant nous envisageons une congruence (paramètres α et β), on définira de même ce que l'on peut appeler *l'élément linéaire complexe* de cette congruence. Cet élément linéaire sera de forme

$$\begin{aligned} ds^2 &= E\,d\alpha^2 + 2F\,d\alpha\,d\beta + G\,d\beta^2 \\ &= (e\,d\alpha^2 + 2f\,d\alpha\,d\beta + g\,d\beta^2) + \varepsilon(e'\,d\alpha^2 + 2f'\,d\alpha\,d\beta + g'\,d\beta^2) \\ &= \varphi_1 + \varepsilon\varphi_2. \end{aligned}$$

La forme φ_1 est l'élément linéaire de la représentation sphérique, la forme φ_2, égalée à zéro, fournit les développables de la congruence.

Enfin, étant donné un domaine de $\alpha\beta$, il sera naturel d'appeler *aire complexe* de la portion correspondante de congruence l'intégrale

$$\int\int\sqrt{EG - F^2}\,d\alpha\,d\beta = \int\int\sqrt{eg - f^2}\,d\alpha\,d\beta + \varepsilon\int\int\frac{eg' + e'g - 2ff'}{2\sqrt{eg - f^2}}\,d\alpha\,d\beta.$$

Le terme réel est l'aire de la représentation sphérique, le terme complexe peut s'interpréter géométriquement : c'est l'intégrale de $\tau\cos\gamma\,d\sigma$, $d\sigma$ désignant l'aire de la représentation sphérique, τ la distance des points limites et γ l'angle des plans focaux. Ce terme s'annule lorsque la congruence considérée est une congruence de normales.

4. Soit un mouvement M_2 quelconque. A un instant $\alpha\beta$, tous les M_1 appartenant à M_2 ont leurs axes normaux à une droite Δ. Cette droite, suivant qu'on l'envisage dans l'espace fixe ou par rapport à S, définit deux congruences : *la correspondance qu'elle établit entre elles a lieu avec conservation de l'aire complexe.*

Pour le montrer, soit défini, à chaque instant $\alpha\beta$, un trièdre T dont la troisième arête coïncide avec Δ. Par rapport à S, ce trièdre a un déplacement infiniment petit défini par la rotation complexe

$$P\,d\alpha + P'\,d\beta, \quad Q\,d\alpha + Q'\,d\beta, \quad R\,d\alpha + R'\,d\beta.$$

Or on constate que les conditions d'intégrabilité gardent la même forme

que pour une rotation réelle

$$\frac{\partial P}{\partial \beta} - \frac{\partial P'}{\partial \alpha} = QR' - RQ', \qquad \text{etc.},$$

formules qui condensent les relations classiques entre rotations et translations. Dans ces conditions la démonstration de M. Cartan subsiste intégralement : en mettant l'indice zéro aux composantes qui concernent le mouvement de T par rapport à l'espace fixe, on a

$$P_0 Q'_0 - Q_0 P'_0 = PQ' - QP'.$$

Mais la droite Δ a les cosinus directeurs complexes o, o, 1 dont les variations élémentaires sont [formules (1)]

$$Q\,d\alpha + Q'\,d\beta, \qquad -P\,d\alpha - P'\,d\beta, \qquad 0;$$

l'élément linéaire complexe est donc

$$(Q\,d\alpha + Q'\,d\beta)^2 + (P\,d\alpha + P'\,d\beta)^2$$

et l'aire complexe $(PQ' - QP')\,d\alpha\,d\beta$ est la même que pour la congruence décrite par rapport aux axes fixes.

Le résultat est ainsi établi et la réciproque est immédiate. On voit que la propriété de la représentation sphérique n'est qu'une partie du théorème. Notons enfin que si l'une des congruences est normale, il en sera de même de l'autre.

ÉLASTICITÉ. — *Plaque rectangulaire posée supportant une charge* P *concentrée en son centre.* Note de M. **Rogoff**, présentée par M. Mesnager.

Nous avons calculé par intégration les séries doubles des formules que M. Mesnager a indiquées [1] pour la tension normale N_a parallèle aux petits côtés a et pour la tension normale N_b parallèle aux plus grands côtés b sous le point chargé.

On a, l'épaisseur d étant plus petite ou au plus égale au côté a,

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0,852 + 1,1\,\text{log v.}\,\frac{d}{a} - 2,43\,\frac{a}{b}\,\theta_a - 0,0194\,\frac{a^2}{b^2} + 0,072\,\frac{d^2}{a^2} - 0,057\,\frac{d^2}{b^2} + R_a\right].$$

---

(1) *Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 721.

En posant, pour abréger

$$\theta_a = \frac{b^2}{2(b^2+4a^2)} + \frac{b}{4a}\operatorname{arc\,tang}\frac{2a}{b} - \frac{b^4}{(a^2+b^2)^2} - \frac{2}{375}\frac{a}{b} + \frac{2}{3}\frac{a^2b^4}{(b^2+4a^2)^3}$$

avec

$$|R_a| < |0{,}016 + 0{,}015\,d^2a^{-2} + 0{,}005\,d^2b^{-2}| \quad \text{et} \quad R_a < 0,$$

En négligeant $0{,}5\,R_a$ dans l'expression de N_a on aura l'erreur relative $\varepsilon < 0{,}06$ pour $d \leq a$, $\varepsilon < 0{,}02$ pour $d \geq 0{,}1\,a$ et $\varepsilon < 0{,}005$ pour $d \leq 0{,}05\,a$.

De même

$$N_b = \frac{P}{c^2}(1+\eta)\left[0{,}3268 + 1{,}1\,\text{log n.}\frac{d}{a} + 2{,}43\frac{a}{b}\theta_b + 0{,}0194\frac{a^2}{b^2} + 0{,}072\frac{d^2}{b^2} + 0{,}057\frac{d^2}{a^2} + R_b\right],$$

$$\theta_b = \frac{a^2b^2}{(a^2+b^2)^2} + \frac{b^2}{2(b^2+4a^2)} - \frac{b}{4a}\operatorname{arc\,tang}\frac{2a}{b} + \frac{a}{125\,b} + \frac{a^2b^2(b^2-4a^2)}{3(b^2+4a^2)^3}$$

avec

$$|R_b| < |0{,}016 + 0{,}015\,d^2b^{-2} + 0{,}005\,d^2a^{-2}| \quad \text{et} \quad R_b < 0.$$

En négligeant $0{,}5\,R_b$ dans l'expression de N_b on aura l'erreur relative $\varepsilon < 0{,}06$ pour $d \leq a$, $\varepsilon < 0{,}02$ pour $d \leq 0{,}1\,a$, $\varepsilon < 0{,}01$ pour $d \leq 0{,}005\,a$.

Pour $\frac{b}{a}$ très grand N_a et N_b tendent vers une limite.

On pourra prendre pour $d \leq 0{,}2a$ les formules approximatives

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0{,}852 + 1{,}1\,\text{log v.}\frac{d}{a} - 2{,}43\frac{a}{b}\theta_a\right],$$

$$N_b = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0{,}346 + 1{,}1\,\text{log v.}\frac{d}{a} + 2{,}43\frac{a}{b}\theta_b\right].$$

Les erreurs relatives seront de $0{,}05$ pour $d \leq 0{,}02a$ et $\varepsilon < 0{,}03$ pour $d \leq 0{,}1\,a$.

θ_a et θ_b deviennent très petits pour $b \geq 3a$ et peuvent être négligés.

En définitive

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_a, \qquad N_b = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_b$$

γ ayant, avec une erreur rélative par excès $< 0{,}02$, les valeurs suivantes :

$\frac{b}{a}$	$\frac{d}{a} = 0{,}05$.		$\frac{d}{a} = 0{,}1$.		$\frac{d}{a} = 0{,}2$.		$\frac{d}{a} = 0{,}4$.	
	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.
1......	1,94	1,94	1,63	1,63	1,30	1,30	0,976	0,976
1,5....	2,16	1,69	1,85	1,48	1,52	1,15	1,19	0,82
2......	2,23	1,65	1,92	1,45	1,59	1,12	1,26	0,79
3......	2,26	1,63	1,95	1,43	1,62	1,10	1,29	0,77
4......	2,26	1,63	1,95	1,43	1,62	1,10	1,29	0,77

N. B. — Les différences des γ_a sont sensiblement constantes entre deux mêmes lignes horizontales, de même pour les γ_b.

MÉCANIQUE. — *La propagation des ondes sur la ligne élastique à quatre paramètres.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Nous appelons ligne élastique à quatre paramètres la ligne considérée jusqu'ici par la plupart des auteurs où l'un des axes du trièdre (M), Mu par exemple, est tangent à l'axe longitudinal (¹) ; les trois paramètres angulaires se réduisent en effet à un seul, fixant l'orientation de (M) autour de Mu. Nous avons ici

$$(1) \qquad \alpha(1+\partial)=\frac{\partial x}{\partial\omega}, \quad \ldots, \qquad \text{avec} \qquad 1+\partial=\sqrt{\left|\left(\frac{\partial x}{\partial\omega}\right)^2\right|},$$

en désignant par $|\,|$ une somme de trois termes analogues ; de sorte que, si la discontinuité est du premier ordre en α, β, γ, elle sera généralement du second ordre en x, y, z. Supposons-la donc du premier ordre par rapport aux cosinus directeurs α, β, ..., γ_2 et du deuxième par rapport à x, y, z, soit

$$\delta\frac{\partial^2(x,y,z)}{\partial\omega^{2-r}\,\partial t^r}=(\lambda,\mu,\nu)(-\varphi_0)^r, \qquad \delta\frac{\partial(\alpha,\beta,\ldots,\gamma_2)}{\partial(\omega,t)}=(a,b,\ldots,c_2)(1,-\varphi_0).$$

Il résulte alors de (1) que la dilatation ∂ reste continue à la traversée de l'onde et qu'on a

$$(2) \qquad a(1+\partial)=\lambda-\alpha\,|\alpha\lambda|, \qquad \ldots.$$

Cela posé, que la ligne soit ou non affectée de viscosité, on reconnaît qu'on a nécessairement $(a, b, \ldots, c_2)=0$, de sorte que, d'après (2), la discontinuité en x, y, z est longitudinale. Plus généralement, si la discontinuité est d'ordre $n \geqq 2$ par rapport à x, y, z, elle ne peut être d'un ordre inférieur par rapport aux cosinus.

Supposons donc que toutes les discontinuités λ, μ, ..., c_2 soient du premier ordre ; on a alors d'après (1)

$$\delta\partial=\frac{\lambda}{\alpha}=\frac{\mu}{\beta}=\frac{\nu}{\gamma}=|\alpha\lambda|,$$

de sorte que la discontinuité en x, y, z est encore longitudinale.

On reconnaît tout d'abord, comme dans le cas de six paramètres, que la ligne affectée de viscosité ne peut être le siège d'aucune onde du premier ordre qui se propage.

(¹) Voir notre précédente Note, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 569.

Supposons donc la ligne dénuée de viscosité. Comme maintenant les composantes $\mathfrak{R}_v$, $\mathfrak{R}_w$ de l'effort tranchant sont des inconnues auxiliaires, les six équations fondamentales se réduisent à quatre.

$$(3)\qquad \begin{cases} \rho_0 \mathfrak{V}_0^2 \delta\partial + \delta\mathfrak{R}_u = 0, \\ \rho_0 \mathfrak{V}_0^2 (A^2 \delta p,\ B^2 \delta q,\ C^2 \delta r) + \delta(\mathfrak{S}_u,\ \mathfrak{S}_v,\ \mathfrak{S}_w) = 0, \end{cases}$$

de sorte que nous retrouvons les équations de notre précédente Note, sauf que $\delta\xi$ est remplacé par $\delta\partial$; les équations aux vitesses de propagation ne sont plus ici que du quatrième degré. Ces résultats restent encore valables pour des ondes d'un ordre quelconque.

Dans le cas particulier de l'isotropie, les équations (3) deviennent, en supposant la ligne mauvaise conductrice de la chaleur ($K = 0$) et en se limitant aux petites variations de température,

$$(4)\qquad \begin{cases} \left(E + \dfrac{T\nu^2}{c\mathfrak{C}} - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2\right)\delta\partial = 0, \qquad (\mu - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2)\,\delta p = 0, \\ (E - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2)\,\delta(q,\ r) = 0, \end{cases}$$

E désignant le module de Young, μ le coefficient d'élasticité transversale, ν le troisième coefficient d'élasticité qu'introduisent les phénomènes thermo-mécaniques et c désignant maintenant la capacité calorifique par unité de volume, ρ_0 la densité cubique. Si la ligne est bonne conductrice ($K \neq 0$), le second terme de la première parenthèse disparaît.

La première vitesse de propagation résultant de l'annulation de la première parenthèse exige que $\delta(p,\ q,\ r) = 0$, c'est-à-dire $(a,\ b,\ \ldots,\ c_2) = 0$.

La seconde vitesse exige que $\delta(\partial,\ q,\ r) = 0$, par suite

$$(\lambda,\ \mu,\ \nu;\ a,\ b,\ c) = 0;$$

les deux discontinuités restantes sont alors transversales, $(a_1,\ b_1,\ c_1)$ étant dirigé suivant Mw; $(a_2,\ b_2,\ c_2)$ suivant Mv.

Enfin la troisième vitesse exige que $\delta(\partial,\ r) = 0$, d'où $(\lambda,\ \mu,\ \nu) = 0$; la discontinuité $(a,\ b,\ c)$ est alors transversale et les deux autres longitudinales.

Ainsi se trouvent étendues à des lignes élastiques de forme quelconque des formules de vitesse de propagation qui n'avaient encore été obtenues, sauf dans des cas particuliers, qu'à partir des équations des vibrations longitudinales, tournantes et transversales des tiges droites et dans l'hypothèse d'une température uniforme.

PHYSIQUE. — *Pompe à condensation fonctionnant sur vide primaire médiocre.* Note [1] de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. A. Rateau.

L'intérêt d'une pompe à condensation fonctionnant sur vide primaire médiocre, c'est-à-dire de 10 à 30^{mm} de mercure, réside en ce qu'il est possible de l'accoupler avec une pompe préliminaire économique, une trompe à eau par exemple. Comme une pompe à condensation en verre est elle-même peu coûteuse, l'ensemble des deux appareils peut facilement être multiplié dans un laboratoire à la demande des besoins. De plus une pompe à condensation en *verre* offre des avantages appréciables, si elle est construite de manière à être peu fragile, car on peut la souder directement sur la canalisation, et si celle-ci est longue et présente des étranglements, on peut souder plusieurs pompes travaillant en parallèle sur différents tronçons; enfin on a la commodité de *voir* si elle a besoin d'être nettoyée, et alors de la nettoyer facilement.

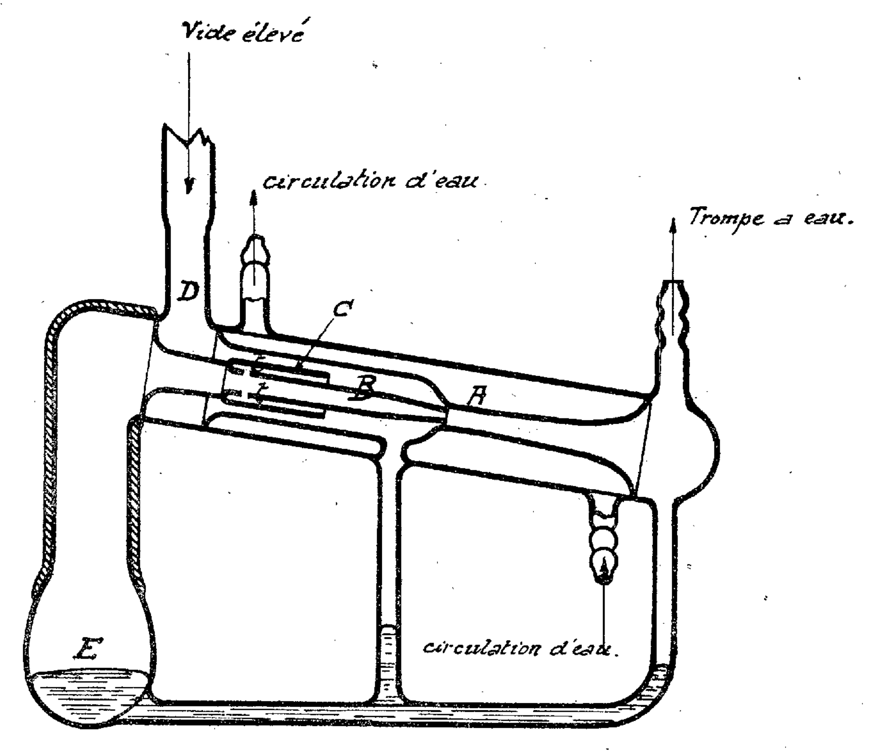
Divers constructeurs ont déjà établi avant nous des pompes à condensation fonctionnant sur quelques millimètres de mercure au vide primaire. Mais le modèle auquel nous sommes arrivés, par une suite d'expériences méthodiques dont il sera rendu compte ailleurs, nous paraît présenter quelques avantages. En fait, il fonctionne d'une manière parfaite depuis bientôt deux ans dans le laboratoire pour les besoins courants duquel nous l'avons construit.

Le mercure, chauffé en E au moyen d'un brûleur Bunsen, donne de la vapeur sous 20 à 40^{mm} de pression, qui sort de l'ajutage B dans le diffuseur-condenseur A; c'est le premier étage, le vide primaire étant fait par la tubulure qui porte l'indication *trompe à eau.* Le second étage est constitué par l'intervalle entre la cloche C et la paroi du réfrigérant qui l'entoure. La vapeur qui alimente cet étage sort du tube B sous la cloche C par les petits trous *t*. Le vide secondaire se fait en D. Il y a deux tubes verticaux pour le retour du mercure qui se condense dans chacun des deux étages. L'ensemble de l'appareil a été étudié en vue de réduire autant que possible la fragilité et la quantité de mercure employé ainsi que le trajet que doit parcourir la vapeur avant d'atteindre les orifices où elle est utilisée; cela présente l'avantage d'une *mise en route rapide* à partir du moment où l'on commence à chauffer le mercure.

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

Le mercure étant d'abord froid, la mise en route ne demande que 3 à 4 minutes. La pompe fonctionne sur une pression primaire qui peut atteindre 20^{mm} de mercure. Elle donne un vide limite qui, mesuré à la jauge de Mc Leod, est de l'ordre de 0,01 micron de mercure (comme les diverses pompes à condensation que nous avons eues entre les mains). Sa vitesse propre est de 370^{cm^3} par seconde. Cette vitesse peut paraître faible en comparaison des vitesses indiquées par divers constructeurs. Mais, pour



l'usage auquel cette pompe était destinée, c'est-à-dire la technique des gaz purs sous pression réduite, cette vitesse est largement suffisante.

On ne gagnerait rien à l'augmenter, ce qui exigerait un vide primaire meilleur. En effet, dès qu'il ne s'agit plus de faire le vide dans un appareil *unique* qu'on peut relier à la pompe par une canalisation aussi courte et aussi grosse que l'on veut, mais dans *plusieurs* appareils reliés entre eux par des tubes qui ne peuvent être ni très courts, ni très gros (qui, souvent, présentent même obligatoirement des étranglements), la vitesse *pratique* ou apparente de la pompe S_2 [1] a une valeur presque indépendante de sa

[1] Voir pour ces définitions, par exemple, L. DUNOYER, *La Technique du vide*.

vitesse propre S_1, lorsque cette vitesse dépasse de beaucoup le débit propre de la canalisation U_1. Car ces trois quantités sont reliées par la relation

$$\frac{1}{S_2} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{U_1}.$$

Si donc S_1 augmente indéfiniment, S_2 a pour limite U_1. Par exemple, si la canalisation a une longueur totale de 1^{m} et un diamètre de 1^{cm} (longueur qui est faible et diamètre qui est assez gros pour beaucoup d'expériences), la vitesse apparente de la pompe passe de 52 à 106^{cm^3} par seconde seulement quand sa vitesse propre passe de 100 à 10000^{cm^3} par seconde.

VISCOSITÉ. — *Sur la loi de la viscosité des fluides en fonction de la densité. Ses rapports avec l'équation d'état.* Note de M. **Jean Dubief**, présentée par M. Brillouin.

Dans une Communication précédente (¹) nous avons donné les relations suivantes

$$\eta = \eta_0 \frac{v}{v - b}, \tag{1}$$

$$b = b_0 \left[\frac{3}{4} \sqrt[3]{\frac{2\pi}{3} \frac{v}{b_0}} - \frac{24}{\pi} \frac{v}{b_0} \right]. \tag{2}$$

La loi de variation donnée pour b tombe en défaut lorsque la densité de la matière devient considérable. Nous avons trouvé que la relation donnée par Boltzmann et Mache (²)

$$b = b_0 - \frac{d^2}{v^2 + c} \qquad (b_0 = \text{covolume de Van der Waals}), \tag{3}$$

s'applique non seulement aussi bien que la formule (2) aux expériences connues sur le CO^2, mais que de plus elle est valable pour les corps liquéfiés éloignés de leur température critique; par exemple

$$C^6H^6,\ CHCl^3,\ (C^2H^5)^2O,\ (CH^3)^2 = CO,\ SO^2.$$

Le covolume b_0 ainsi calculé sur la courbe de saturation du liquide,

---

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1164.

(²) Boltzmann et Mache, *Wied. Annalen*, 68, 1899, p. 350.

coïncide avec la loi trouvée expérimentalement par Nadjeshdine [1] et Kannonikof :

$$\text{Volume critique } \varphi = 2 b_0.$$

Cette formule équivaut à la suivante

(4) $$b_0 = 0{,}223 \times 10^{-4} \frac{M}{\Delta} \quad \begin{array}{l}(M = \text{poids moléculaire})\\ (\Delta = \text{densité critique}).\end{array}$$

Or au moyen des données connues sur la viscosité des différents fluides nous obtenons :

(5) $$b_0 = 0{,}2208 \times 10^{-4} \frac{M}{\Delta}.$$

l'accord entre les deux relations est remarquable. Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les valeurs de b_0 pour différents corps :

Corps............	CO^2.	C^6H^6.	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	$(CH^3)^2CO$.	SO^2.
b_0(Nadjesh.)......	0,0022	0,00567	0,00519	0,00623	0,00459	0,00271
b_0(Viscosité)......	0,0023	0,00577	0,00520	0,00623	0,00441	0,00270

La relation (3) se vérifie bien : nous donnons comme exemple les données relatives au benzène :

t°................	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	70°.
$\frac{\eta}{\eta_0}$ observé..........	100,9	81,6	66,6	55,2	46,4	34,2
$\frac{\eta}{\eta_0}$ calculé...........	101,1	80,7	65,5	54,1	45,9	34,2

Il est donc désormais certain qu'il y a identité complète entre le b de notre relation et le covolume de Van der Waals : mêmes valeurs numériques et même variation en fonction du volume dans les deux cas.

La précédente étude nous a naturellement porté à appliquer l'équation de Boltzmann :

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\left(v - b_0 + \frac{d^2}{v^2 + c}\right) = RT$$

aux fluides. (La viscosité nous donne en effet directement les constantes b_0, d et c). Elle s'applique mal. Des considérations tant théoriques qu'expérimentales nous ont conduit à admettre la relation suivante :

$$\left(p + \frac{\alpha}{v^2} + \frac{\beta}{v}\right)\left(v - b_0 + \frac{d^2}{v^2 + c}\right) = \left(1 - \frac{\gamma}{v}\right) RT.$$

qui représente bien la compressibilité du CO^2 selon Amagat.

---

[1] NADJESHDINE, *Recherches physiques*, p. 111, Kiev, 1887.

PHYSIQUE. — *Diffusion de la lumière dans les liquides.* Note (¹) de M. Y. Rocard, présentée par M. A. Cotton.

Des expériences systématiques m'ont montré que : *a*. L'examen d'un faisceau de lumière diffusée à travers un biréfringent et un *petit* nicol dont il occupe tout le champ entraîne des erreurs possibles de 2° sur les lectures d'angles de dépolarisation : il semble indispensable d'opérer avec un wollaston et un glazebrook. — *b*. De mauvais réglages de la normalité au faisceau de la lentille de projection, ou de l'angle d'observation par rapport au faisceau incident entraînent des corrections petites mais toutes de même signe. — *c*. La correction de convergence du faisceau incident semble avoir été mal évaluée jusqu'ici : le calcul montre qu'il faut en première approximation retrancher de la valeur de ρ observée le quart du carré de la demi-ouverture du faisceau incident projeté dans le liquide en observation. Si l'on emploie une lentille de grande ouverture, il faut encore tenir compte de son pouvoir de transmission variable du centre aux bords : dans mon montage, cette correction de convergence vaut de ce fait le cinquième du carré de la demi-ouverture du faisceau. — *d*. La fluorescence résiduelle constatée dans presque tous les liquides doit être éliminée dans les mesures de la dépolarisation ρ et de l'intensité diffusée i.

Toutes ces causes introduisent des erreurs *absolues* dont la somme semble pouvoir expliquer la différence (absolue également) de 0,07 qu'on peut constater dans les valeurs de ρ fournies par différents expérimentateurs, et qui pour de faibles dépolarisations conduit à des erreurs relatives de 100 pour 100 et plus. J'ai fait de mon mieux pour m'affranchir de ces causes d'erreur dans des mesures sur CCl^4 et C^6H^6 (purifiés par filtration lente sur cône en alundun. Ces liquides présentaient une fluorescence assez forte : les dépolarisations sont mesurées en lumière rouge, fluorescence éliminée, et le rapport des intensités diffusées l'est en lumière blanche, compte tenu de la fluorescence) :

$\rho_{(CCl^4)} = 0,106$ (moyenne de nombres variant de 0,102 à 0,112),
$\rho_{(C^6H^6)} = 0,438$ (moyenne de nombres variant de 0,43 à 0,45),
$i_{(C^6H^6)} = 2,85\, i_{(CCl^4)}$ (moyenne de nombres variant de 2,7 à 3,0).

Au bout de quelque temps, le tétrachlorure est devenu inutilisable, se rem-

(¹) Séance du 8 mars 1926.

plissant de particules *invisibles à 90° du faisceau incident,* mais très éclatantes dans des directions voisines de celle de ce faisceau.

Ces mesures étaient destinées à contrôler une théorie moléculaire de la diffusion de la lumière, utilisant des idées que j'ai déjà signalées. J'emploie comme modèle moléculaire non plus la molécule de M. Langevin, mais la molécule la plus générale à moment vectoriel induit : son anisotropie s'introduit non plus par une mais par deux constantes γ et δ, (la molécule à trois axes d'anisotropie se retrouve en faisant $3\gamma = 4\delta$). De plus je tiens compte du champ intermoléculaire : il intervient par une quantité θ_B qui serait la moitié de la dépolarisation d'opalescence critique d'un mélange de deux liquides qui aurait même indice que le corps étudié. Voici les formules obtenues :

$$(1) \qquad \rho = \rho_0 + \theta_B(2 - \rho_0 - \rho_0^2)$$

$$(2) \qquad i = \frac{\pi^2}{\lambda^4}\frac{RT\beta}{N}(n^2-1)f(n^2)\left[1 + \frac{7}{3}\theta_B + \frac{M}{RT\beta d f(n^2)} \times \left\{\gamma + \delta + \theta_B\left(\frac{7\gamma + 11\delta}{3}\right)\right\}\right](1+\rho),$$

$f(n^2)$ est une fonction comprise entre 1 et $\left(\frac{n^2+2}{3}\right)^2$, dépendant des fluctuations du champ de polarisation. ρ_0 est la dépolarisation qu'aurait le corps si le champ intermoléculaire était nul. Les autres notations sont classiques. ρ_0 peut se calculer en fonction de l'anisotropie, ou de la constante de Kerr (Gans), ou du rapport des retards absolus, ou de la constante d'électrostriction (Y. Rocard). M. Pauthenier ayant signalé le bon accord de la théorie avec l'expérience pour l'électrostriction de CCl^4, j'ai employé son résultat pour calculer ρ_0 et ai trouvé : $\rho_0 = 0{,}086$. Compte tenu du champ intermoléculaire, je trouve $\rho_{CCl^4} = 0{,}105$ en lumière rouge.

Pour l'intensité, la formule (2) fournit les valeurs suivantes

$f(n^2) \equiv 1$ (théorie analogue à celle de Vessot-King) $\quad i_{C^6H^6} = 2{,}75\, i_{CCl^4}$,

$f(n^2) \equiv \left(\frac{n^2+2}{3}\right)^2$ (théorie analogue à celle de Einstein) $\quad i_{C^6H^6} = 2{,}88\, i$,

la théorie analogue à celle de Ramanathan fournirait un rapport d'intensités 2,29 s'écartant beaucoup des nombres expérimentaux.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des bandes* 4511 *et* 4123 *du spectre de l'oxyde de carbone.* Note de M^lle **O. Jasse**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre de l'oxyde de carbone comprend plusieurs bandes dégradées vers le violet. Hultén a montré que les bandes 5610, 5198, 4835, 4393 pouvaient être ordonnées d'une même façon. Ce sont des bandes simples, formées des trois suites classiques P, Q, R. Les bandes 4511 et 4123 paraissent à première vue plus complexes. Hultén les exclut du groupe homogène formé par les bandes précédentes. J'ai réussi à montrer qu'elles présentaient une parenté avec les premières en ce qu'elles possèdent les mêmes suites, mais compliquées de plusieurs autres.

Dans la tête de ces bandes on trouve d'abord les suites P, Q, R, comme l'indiquent les tableaux suivants qui donnent les fréquences des raies et les différences entre termes de même rang

Bande 4511.

m.	P(*m*).	Q(*m*)—P(*m*).	Q(*m*).	R(*m*)—Q(*m*).	R(*m*).	
1.....	»	»	22171,8	3,9	22175,7	»
2.....	22168,5	3,8	172,3	7,7	180,0	3,8
3.....	165,8	7,8	173,6	11,7	185,3	7,6
4.....	164,0	11,7	175,7	15,7	191,4	11,5
5.....	163,3	15,2	178,5	19,6	198,1	15,2
6.....	162,8	19,3	182,1	23,5	205,6	19,6
7.....	163,3	23,1	186,4	27,5	213,9	23,3
8.....	164,8	26,6	191,4	31,7	223,1	27,4
9.....	166,5	30,8	197,3	»	»	31,3
10	»	»	203,0	»	»	»
11.....	»	»	211,7	»	»	»

Bande 4123.

m.	P(*m*).	Q(*m*)—P(*m*).	Q(*m*).	R(*m*)—Q(*m*).	R(*m*).
1.....	»	»	»	»	»
2.....	24250,5	3,7	24254,2	»	»
3.....	248,0	7,7	255,7	11,7	24267,4
4.....	246,0	11,6	257,6	15,7	273,3
5.....	244,7	15,6	260,3	19,2	279,5
6.....	»	»	263,6	23,1	286,7
7.....	»	»	267,4	27,1	294,5
8.....	»	»	272,2	31,1	303,3
9.....	»	»	277,6	35,3	312,9
10.....	»	»	283,8	39,0	322,8
11.....	»	»	291,0	42,7	333,7

La relation connue

$$R(m) - Q(m) = Q(m+1) - P(m+1)$$

est vérifiée dans ces suites avec une précision suffisante. De plus, ces différences sont les mêmes que celles observées dans les premières bandes, comme on le voit dans la dernière colonne du premier tableau, colonne extraite des tableaux de Hulthén.

On trouve ensuite, à côté des suites principales, des suites complémentaires très courtes, désignées par les lettres P′ et R′ qui, dans la représentation graphique, jouent par rapport à la suite Q le même rôle que P et R, pour la bande 4511, et convergent vers la même origine que la suite P pour la bande 4123.

Le tableau suivant en donne les fréquences :

Bande 4511.

m.	$P'(m)$.	$R'(m)$.
1...	»	22177,0
2...	22167,4	181,7
3...	162,8	22189,1
4...	22159,7	»

Bande 4123.

m.	$P'(m)$.	$R'(m)$.
1...	24255,7	24260,8
2...	254,2	24266,5
3...	252,5	»
4...	24251,1	»

Enfin, dans la queue des bandes se trouvent des suites d'une tout autre sorte, qui ne s'ordonnent pas suivant le schema classique.

D'autre part, toutes ces bandes rentrent dans un même ensemble représenté par le tableau suivant qui donne les fréquences des raies nulles, ainsi que leurs différences respectives :

p... 3.		2.		1.		0.
17827	1412	19239	1443	20682	1489	22171
(λ 5610)		(λ 5198)		(λ 4835)		(λ 4511)
				2081		2081
				22763	1489	24252
				(λ 4393)		(λ 4123)

Les fréquences des raies nulles des quatre bandes de la première ligne sont en effet données par la relation du second degré

$$\nu = 22168,825 - 1503,65p + 19p^2,$$

dans laquelle p prend les valeurs 3, 2, 1, 0 successivement.

Les deux bandes 4393 et 4123 prennent place sur une seconde ligne en

présentant, par rapport à la première, une différence constante de 2081 dans les valeurs des fréquences.

D'après la théorie des spectres de bandes, on en conclut que la bande 4511 a le même état initial que celles qui sont sur la même ligne, que 4123 a le même état initial que 4393, et que d'autre part 4511 et 4123 ont même état final, comme il en est de 4835 et 4393. Ces conclusions se vérifient d'ailleurs par la comparaison des différences de fréquence entre termes correspondants des suites.

En résumé, les bandes 4511 et 4123 de l'oxyde de carbone ont une structure plus complexe que les bandes de Hultén, mais possèdent les mêmes suites et appartiennent au même ensemble.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'oxydabilité des substances organiques.* Note de M. G. **Lejeune**, présentée par M. Jean Perrin.

Jusqu'à présent le mécanisme de l'oxydation chimique a été laissé de côté, les chimistes ayant seulement cherché les meilleures conditions de rendement pour préparer divers produits d'oxydation.

Or l'oxydation se développe avec une vitesse finie, mais la complexité des facteurs qui l'influencent ne permet pas généralement de déterminer le processus du phénomène. Il semblait par suite intéressant de fixer l'action de différents facteurs : acidité, concentration, température.

Pour simplifier le problème en diminuant le nombre des facteurs agissant sur la vitesse, les conditions suivantes se sont montrées efficaces : travailler à température constante, avec une dilution suffisante des réactifs pour éviter l'auto-catalyse provenant des produits de décomposition des corps réagissants et surtout opérer en présence d'une solution d'acidité constante, de pH déterminé, pour éliminer l'action prépondérante de la variation de l'acidité.

L'étude de l'oxydation des alcools primaires, alcools secondaires, aldéhydes et cétones a été effectuée dans ces conditions en présence de permanganate et de chromate, les réactifs étant à une concentration $\frac{M}{100}$, les solutions-tampons employées étant, en milieu alcalin, des solutions moléculaires de carbonate ou de bicarbonate de potasse, en milieu acide une solution moléculaire d'acide sulfurique.

Cette méthode conduit aux résultats expérimentaux suivants :

1° Pour les différents alcools primaires (méthylique, éthylique, propylique, butylique, amylique) on observe :

a. En milieu alcalin, une réaction *monomoléculaire* (ne dépendant que de la concentration de l'alcool);

b. En milieu acide, une réaction d'*ordre intermédiaire entre zéro et* 1 (la vitesse de réaction croît, passe par un maximum puis décroît ensuite);

c. En milieu acide, en présence d'acide acétique, une réaction *bimoléculaire* (dépendant des concentrations de l'alcool et du chromate).

2° Pour les alcools secondaires (isopropylique, isobutylique, isoamylique) on observe :

a. En milieu alcalin, une réaction *monomoléculaire* ne dépendant que de la concentration de l'alcool;

b. En milieu acide, une réaction *bimoléculaire* dépendant des concentrations de l'alcool et du permanganate.

3° Pour les aldéhydes (éthylique, propylique, butylique) en milieu acide en présence de chromate, une réaction *bimoléculaire* dépendant des concentrations de l'aldéhyde et du chromate. En présence de permanganate l'ordre de la réaction n'a pu être déterminé, la vitesse d'oxydation étant trop grande.

4° Pour les cétones (acétone, méthyléthylcétone, méthylpropylcétone, dipropylcétone) on observe en milieu alcalin et en milieu acide une réaction d'*ordre intermédiaire entre zéro et* 1 (se rapprochant de l'ordre zéro, la vitesse reste constante pendant la moyenne partie de la réaction).

Ces résultats montrent la complexité du phénomène observé mais ils peuvent néanmoins s'expliquer d'une façon assez simple : il suffit de supposer que dans la solution se produisent les réactions suivantes :

I. Substance $\rightleftharpoons$ complexe.

II. Complexe $\rightleftharpoons$ forme activée directement oxydable.

III. Forme activée + oxydant $\rightarrow$ produits d'oxydation.

Ce qui revient à dire que les substances étudiées ne sont pas directement oxydables; pour réagir elles forment d'abord un complexe avec le solvant, ce complexe pouvant passer à un état activé directement oxydable.

Les trois cas observés s'expliquent de la manière suivante :

1° Les réactions I et III s'effectuent avec des vitesses très grandes vis-à-vis de la vitesse de la réaction II. Cette dernière est seule apparente, la réaction observée est monomoléculaire (alcools primaires et secondaires en milieu alcalin).

2° Les réactions I et II s'effectuent avec des vitesses de même ordre de grandeur mais faibles vis-à-vis de la vitesse de la réaction III. Ces deux premières réactions sont seules apparentes, l'ordre de la réaction se rapproche de zéro (alcools primaires en milieu acide et cétones).

3° Les réactions I et II s'effectuent avec des vitesses relativement grandes vis-à-vis de la vitesse de la réaction III. On n'observe que cette dernière, c'est-à-dire la

réaction d'oxydation proprement dite (alcools secondaires et aldéhydes en milieu acide, alcools primaires en milieu acide en présence d'acide acétique).

Ces résultats sont en accord avec les conclusions de M. Victor Henri qui a montré, par l'étude des spectres infrarouges, l'existence d'une combinaison entre l'eau et l'aldéhyde au cours de l'oxydation.

Pour toutes ces réactions le coefficient de température est voisin de 2 (il varie de 1,6 à 2,6) entre 25° et 35°; la vitesse d'oxydation en milieu acide s'intercale entre les vitesses d'oxydation en milieu alcalin, en présence de carbonate et de bicarbonate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La cémentation des alliages ferreux par l'aluminium.* Note [1] de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Après avoir essayé les différents systèmes de cémentation des alliages ferreux par l'aluminium (immersion dans des bains d'aluminium pur ou d'alliages, électrolyse, action de chlorure d'aluminium gazeux, pulvérisation métallique, action d'un mélange de poudre d'aluminium, d'alumine et de chlorure d'ammonium en four tournant), je me suis arrêté au procédé par cémentation dans le ferro-aluminium pulvérisé, cette méthode étant la plus constante et la plus rapide.

Les conditions expérimentales ont été les suivantes : éprouvettes plates de 70^{mm} de longueur et de section 12 sur 3^{mm}; cémentées dans une poudre de ferro-aluminium, en tube fermé et luté; à cette poudre, était ajouté environ 0,5 pour 100 de chlorure d'ammonium pour décaper les surfaces métalliques, chasser l'air inclus dans le tube, et aider à l'opération par formation de chlorure d'aluminium. Le chauffage était effectué dans un four à moufle ordinaire; la poudre répondait très approximativement à la combinaison $FeAl^3$, ce qui rend facile la pulvérisation (tamis de $\frac{3}{10}$).

J'ai effectué des examens micrographiques sur environ 150 éprouvettes, en faisant varier les différents facteurs du traitement; l'efficacité de la protection a été étudiée directement par des essais de tenue au chauffage, à 1000°, dans un four à moufle, en atmosphère nettement oxydante (toutes portes ouvertes), les résultats en étant également contrôlés par micrographie.

Le plus grand nombre des essais a porté sur la cémentation de l'acier

(1) Séance du 8 mars 1926.

extra-doux au carbone; les résultats théoriques peuvent être résumés comme suit : le diagramme présentant deux domaines de solution solide, l'un issu de la combinaison $FeAl^3$, l'autre allant de 65 pour 100 de fer à 100 pour 100, il se forme deux couches très nettes de solution en surface des pièces; une couche extérieure de la solution $FeAl^3$, généralement mince (inférieure à $\frac{1}{10}$ de millimètre) et poreuse, toujours fragile et irrégulière; et une couche intérieure résistante, très continue et opaque, d'épaisseur bien constante, du moins lorsque l'opération est effectuée dans de bonnes conditions. Le chauffage ultérieur des éprouvettes nues provoque un développement des deux couches; la couche extérieure se gonfle, devient de plus en plus poreuse et se désagrège rapidement, après avoir nourri dans une certaine mesure la couche interne; cette dernière, elle, se développe par diffusion vers l'intérieur, jusqu'à ce qu'il y ait continuité absolue de composition chimique jusqu'à la ferrite; la cémentation dépasse alors parfois 1^{mm} d'épaisseur.

Le phénomène de cémentation du fer par le chlorure d'aluminium gazeux a déjà été étudié par Edwin Dudley Martin [1]; dans le traitement au contact de ferro-aluminium contenant un peu de chlorure d'ammonium, il se produit, et ceci d'autant mieux que la température est plus élevée, une accélération de l'opération, soit par suite de cémentation solide par contact, soit en raison de la reproduction continue de chlorure d'aluminium naissant au contact de la pièce à cémenter, l'atténuation de l'effet de dissociation du chlorure au contact d'une surface de plus en plus chargée en aluminium, étant ainsi combattue; le chlorure gazeux produit d'ailleurs une cémentation d'aspect extérieur lisse et brillant, tandis que le traitement par la poudre de ferro-aluminium donne une surface mate et rugueuse.

Le temps de cémentation a naturellement une influence très nette; à 900° par exemple, un traitement d'une heure a donné une couche interne de $\frac{5}{100}$ de millimètre, qui a entraîné une tenue à 1000° en atmosphère oxydante de 87 heures; après 8 heures de cémentation, la couche interne obtenue était de $\frac{32}{100}$, et les premières pointes d'oxyde de fer n'ont apparu sur l'éprouvette qu'au bout de 241 heures; dans chacun de ces cas, la couche interne, en fin de chauffage, avait atteint des épaisseurs respectives de $\frac{42}{100}$ et $\frac{105}{100}$ de millimètre.

Au point de vue température de traitement, j'ai constaté une cémentation dès 650°, mais elle est alors extrêmement lente; pour des traitements

---

(1) Thèse de la Faculté des Sciences de Nancy, 17 novembre 1924.

de 4 heures j'ai obtenu des épaisseurs de couche intérieure de : $\frac{11}{100}$ à 900°, $\frac{16}{100}$ à 950°, $\frac{26}{100}$ à 1000°, $\frac{47}{100}$ à 1050°.

J'ai calculé les constantes de l'équation de Weiss (¹), donnant la vitesse de formation de la solution solide interne, au cours du traitement de cémentation (θ = temps en heures, T = température absolue), d'après les résultats moyens obtenus pour l'obtention d'une épaisseur de $\frac{32}{100}$ de millimètre :

$$\frac{1}{\theta} = 6,323 \times 10^{-4} + 1,0059^{T}.$$

La composition chimique de la poudre de ferro-aluminium n'a pas d'influence sensible entre 40 et 50 pour 100 de fer en poids; mais son vieillissement est très net, surtout après cinq ou six usages successifs dans des cémentations de 4 heures à 900 et 950°.

La tenue à chaud est naturellement influencée par l'épaisseur initiale des couches et par la fraîcheur de la poudre; certaines de mes éprouvettes ont dépassé 300 heures de chauffage, avant qu'un début d'oxydation apparaisse. La tenue par rapport à celle du métal nu est d'autant plus considérable que la température est moins élevée; aussi, la méthode ne présente-t-elle guère d'intérêt, à mon avis, au-dessus de 1100°.

L'acier dur se cémente beaucoup moins vite; c'est ainsi qu'une éprouvette d'acier eutectoïde, cémentée 4 heures à 900°, n'a tenu que 80 heures au chauffage ultérieur.

La fonte grise donne des résultats encore moins bons, les couches produites étant très minces et se désagrégeant rapidement; une cémentation de 4 heures à 975° a assuré seulement une protection de 27 heures.

Enfin, les couches de solution solide, même interne, et même dans le cas de l'acier extra-doux, ne sont pas malléables en surface, la tenue extérieure de la couche interne étant certainement affectée par le voisinage de la combinaison Fe^2Al^3; un forgeage après cémentation ou des chocs violents produisent donc une altération rapide au cours du chauffage oxydant.

(¹) Weiss, *Thèse*, Paris, 1923, p. 85.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures d'étain, arsenic, antimoine, bismuth, silicium, titane.* Note de M. T. KARANTASSIS, présentée par M. G. Urbain.

P. Walden (¹) a constaté que lorsqu'on cherche à déterminer le poids moléculaire de I^4Sn dans Br^3As, les résultats obtenus montrent qu'il se produit une réaction augmentant le nombre des molécules. Il peut y avoir ionisation, dissociation ou double décomposition; nous avons cherché à isoler les produits formés pour vérifier laquelle de ces hypothèses est la vraie.

Les premiers essais ont montré qu'il ne saurait s'agir d'une dissociation qui aurait libéré de l'iode, immédiatement reconnaissable à sa couleur. D'autre part on peut réunir les deux autres possibilités en admettant une ionisation réciproque suivie d'une double décomposition. Ce dernier phénomène doit toutefois être total, c'est-à-dire se poursuivre dans la molécule jusqu'au remplacement des 4I de I^4Sn par 4Br, car une étude de V. Auger (²) a montré qu'il n'existe pas de composés halogénés mixtes de l'étain tels que $I^xBr^{4-x}Sn$.

La réaction devait être ainsi : $4Br^3As + 3I^4Sn = 4I^3As + 3Br^4Sn$. On l'a vérifié comme suit : le mélange des substances est chauffé dans un petit ballon à distiller dans un bain de nitrates alcalins fondus; pour éviter l'action de l'air on opère dans un courant de CO^2. On recueille d'abord la portion qui passe de 220° à 240°, puis celle qui passe au-dessus jusqu'à 310°. Les deux distillats déposent des cristaux qui ont été isolés et analysés; ceux de la première portion ont donné :

		Calculé pour I^3As.
As pour 100	17,18	16,44
I »	74,9	83,5
Sn »	1,52	»
Br »	6,4	»

La partie liquide était formée par le bromure stannique qu'on a identifié par son point d'ébullition. La deuxième portion a cristallisé sans fournir de partie liquide, et sa composition était celle de I^3As contenant 2,48 pour 100 de Br provenant d'un peu de Br^4Sn.

(¹) P. WALDEN, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 29, 1902, p. 371.
(²) V. AUGER, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 860.

La double décomposition peut être considérée comme étant très avancée dans le sens → mais toutefois incomplète.

Il était à prévoir que ce genre de réactions ne serait pas spécial aux deux composés étudiés, mais que le phénomène de double décomposition serait tout à fait général avec les halogénures des métaux du groupe de l'arsenic, et ceux des métaux du groupe de l'étain : c'est pourquoi nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés de l'antimoine et du bismuth d'une part, de l'étain, du silicium, du zirconium, du titane, d'autre part.

Trichlorure d'arsenic et iodure stannique. — En opérant comme précédemment, on obtient une portion de tête passant entre 115°-134°, formée d'un liquide fumant à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est du Cl^4Sn. Le résidu ne distille qu'à 345° : c'est du I^3As. Un second essai effectué avec un excès de Cl^3As, en employant poids égaux des composés, a montré qu'il y avait environ 42 pour 100 de Cl^4Sn dans la première portion et 48 pour 100 de I^3As dans la seconde. Pour contrôler si la réaction est réversible, on a fait un essai en faisant réagir I^3As sur Cl^4Sn, molécule à molécule. Le premier distillat a donné un mélange contenant 54 pour 100 de Cl^3As et 46 pour 100 Cl^4Sn. La pesée des produits formés a montré que c'est I^4Sn qui prédomine : en effet, avec 9g, 12 de I^3As et 3g, 9 Cl^4Sn, on a isolé 7g, 62 de I^4Sn pur au lieu de 9g, 4 qui seraient formés si la réaction était totale.

Trichlorure d'antimoine et iodure stannique. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction $4Cl^3Sb + 3I^4Sn = 4I^3Sb + 3Cl^4Sn$ est portée dans le sens → et l'on isole facilement le Cl^4Sn formé; toutefois elle n'est pas totale, car il distille en même temps Cl^3Sb dans la proportion d'environ 34 pour 100 dans la portion de tête.

Pentachlorure d'antimoine et iodure stannique. — Comme il fallait s'y attendre, on observe une vive réaction des composants : il se dépose de l'iode formé d'après $2Cl^5Sb + I^4Sn = 2Cl^3Sb + Cl^4Sn + 2I$; en outre la double décomposition observée plus haut se produit avec l'excès de I^4Sn et Cl^3Sb.

Chlorure de bismuth et iodure stannique. — La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^3Bi. On s'en est assuré en constatant que le système inverse I^3Bi et Cl^4Sn ne réagit absolument pas ; on distille dans la première fraction tout le Cl^4Sn employé.

Chlorure de plomb et iodure stannique. — Là encore la réaction est totale dans le sens de la formation de I^2Pb.

Tétrachlorure de titane et iodure stannique. — Il ne se produit aucune

réaction entre ces composés, mais si l'on opère inversement, c'est-à-dire en faisant réagir I^4Ti et Cl^4Sn, il se produit une vive réaction accompagnée d'échauffement notable, et l'échange des halogènes est complet avec formation de $I^4Sn + Cl^4Ti$.

Ces premiers essais nous montrent que l'échange de I contre Br ou Cl s'effectue toujours lorsque l'iode est combiné à l'élément dont le caractère métalloïdique est le plus accentué et que la réaction est d'autant plus complète que les éléments sont plus caractérisés l'un comme métal, l'autre comme métalloïde. Cette conclusion sera vérifiée par l'étude des doubles décompositions qui auront lieu avec les dérivés halogénés du zirconium et du thorium.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de petites quantités de potassium.* Note de MM. **Maurice Delaville** et **Paul Carlier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La méthode de dosage que nous décrivons repose sur la précipitation du potassium à l'état de nitrite de cobalt et de potassium et sur le dosage du cobalt de ce nitrite.

Le technique utilisée est la suivante :

Dans un tube à centrifuger cylindro-conique d'une capacité de 10^{cm^3} on met une quantité exactement mesurée de la solution potassique, on ajoute de 4 à 5^{cm^3} du réactif nitro-cobaltique, préparé au moment de l'usage en mélangeant :

4^{cm^3} d'une solution renfermant 50^g de nitrate de cobalt, 25^{cm^3} d'acide acétique et 100^{cm^3} d'eau distillée, et 20^{cm^3} d'une solution contenant 120^g de nitrite de sodium et 180^{cm^3} d'eau distillée.

Après une demi-heure de contact, on centrifuge à grande vitesse pendant 10 minutes, on décante le liquide surnageant en le siphonnant doucement de façon à ne pas entraîner de précipité; on lave à l'eau distillée ce précipité, on centrifuge à nouveau et l'on répète la série d'opérations ci-dessus jusqu'à ce que l'eau de lavage soit parfaitement incolore; en général trois à quatre lavages suffisent.

Après le dernier lavage, on dissout à chaud le précipité dans 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique, on verse cette solution dans une capsule de porcelaine, on la neutralise à l'ammoniac, puis on précipite le cobalt par addition de 2^{cm^3}

d'une solution à 4 pour 100 de nitroso-β-naphtol; le cobalto-nitroso-naphtol est filtré sur un filtre sans cendres et incinéré dans un micro-four de Pregl.

Le dosage du potassium se trouve ainsi ramené au dosage du cobalt contenu dans le cobalto-nitrite de potassium.

Il nous a fallu mettre au point un micro-dosage du cobalt.

En raison des nombreuses analogies chimiques existant entre le fer et le cobalt, nous avons pensé, pour doser le cobalt, utiliser une méthode analogue à celle que Fontés et Thivolle (1) ont décrite pour le dosage du fer.

La technique utilisée est la suivante :

Le cobalt est précipité, comme nous l'avons dit ci-dessus, par le nitroso-β-naphtol; le précipité est filtré puis placé dans une nacelle de quartz ou de platine, il est ensuite incinéré dans un micro-four de Pregl; l'oxyde de cobalt, résidu de l'incinération, est réduit dans un courant d'hydrogène pur et sec à une température ne dépassant pas 600°; après refroidissement dans le courant d'hydrogène, la nacelle est reçue dans le réactif phosphorique-molybdique préparé suivant la formule de Fontés et Thivolle (1). L'oxyde bleu de molybdène MoO^2 formé est titré au permanganate; le virage, très net du bleu à l'incolore, donne une grande précision à la méthode.

Ce dosage repose sur les réactions suivantes :

$$Co + MoO^3 = CoO + MoO^2,$$
$$MoO^2 + O = MoO^3.$$

On voit qu'un atome d'oxygène correspond à 59g de cobalt; connaissant le titre en oxygène de la solution de permanganate, il est facile de déterminer son titre en cobalt.

Nous avons dosé le cobalt contenu dans des solutions titrées. Voici quelques-uns de nos résultats :

Cobalt contenu dans la prise d'essai, en milligr.	Cobalt trouvé.	Erreur pour 100.
1,208	1,216	+0,66
1,208	1,196	−0,99
0,581	0,588	+1,2
0,581	0,582	+0,17
0,388	0,383	−1,28
0,248	0,241	−2,82

(1) Fontès et Thivolle, *La molybdomanganimétrie. Application au dosage du fer* (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 5, 1923, p. 325-340).

L'application du dosage du cobalt au dosage du potassium est très simple; la formule du cobaltonitrite de potassium $Co(NO^2)^6K^2Na$ montre qu'à 59g de cobalt correspondent 78g de potassium.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous quelques résultats d'analyses effectuées sur des solutions pures :

Potassium contenu dans la prise d'essai, en milligr.	Potassium trouvé.	Erreur pour 100.
1,053	1,058	+0,28
1,053	1,032	−1,89
0,514	0,525	+2,1
0,514	0,507	−1,3
0,139	0,141	+1,4
0,243	0,245	+0,8

Conclusions. — Dans la présente Note nous décrivons un procédé de dosage permettant l'évaluation de quantités de potassium allant de un dixième de milligramme à quelques milligrammes avec une erreur ne dépassant pas 3 pour 100.

Nous avons utilisé ce dosage non seulement pour le dosage de solutions pures, mais encore pour la détermination du potassium dans les milieux biologiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de la harmaline et de la bromoharmaline.* Note de MM. **V. Hasenfratz** et **R. Sutra**, présentée par M. Ch. Moureu.

La harmaline $C^{13}H^{14}N^2O$ et la harmine $C^{13}H^{12}N^2O$ sont deux alcaloïdes qui existent, en proportions égales, dans les graines du *Peganum harmala*. Par hydrogénation, ces deux bases donnent le même produit de réduction $C^{13}H^{16}N^2O$, qui peut être considéré comme une dihydroharmaline ou une tétrahydroharmine : elles ont donc la même structure moléculaire. S'il en est ainsi on doit pouvoir passer de la harmaline à la harmine par une oxydation ménagée.

L'expérience prouve, en effet, que cette transformation est obtenue en employant comme agents oxydants l'acide azotique (1) ou le permanganate de potassium (2). Toutefois ces réactions ont été effectuées sur de petites

(1) O. Fischer, *Berichte D. C. G.*, 22, 1889, p. 640.

(2) O. Fischer, *Berichte D. C. G.*, 30, 1897, p. 2482.

quantités de matière et elles ne donnent qu'une faible proportion de harmine, par suite d'une oxydation tantôt incomplète, tantôt poussée trop loin.

Nous avons repris cette question et montré qu'il est possible d'arrêter l'oxydation au stade harmine avec un rendement voisin de la théorie.

L'expérience a été conduite dans les conditions suivantes : on chauffe, en présence d'acide chromique, une solution chlorhydrique de chlorhydrate de harmaline; l'oxydation est terminée au bout d'une demi-heure. On ajoute alors du chlorure de sodium qui provoque la précipitation du chlorhydrate de harmine obtenu, insoluble dans l'eau salée. On essore et on purifie le chlorhydrate par une dissolution dans l'eau, suivie d'une nouvelle précipitation par le sel. La solution de chlorhydrate de harmine, décolorée par le noir animal, est traitée à chaud par l'ammoniaque : la harmine précipite sous forme de longues aiguilles incolores. Cette base, dissoute dans l'eau acidulée, montre la fluorescence violette caractéristique des sels de harmine, alors que la harmaline, dans les mêmes conditions, manifeste une fluorescence verte.

300^g de harmaline, traités en une seule opération, ont donné 258^g de harmine, soit 86 pour 100 du rendement théorique : nous avons donc à notre disposition un excellent procédé de préparation de la harmine en utilisant la harmaline comme matière première.

En présence de ces bons résultats, nous avons appliqué la même méthode d'oxydation à la bromoharmaline. L'un de nous [1] a déjà montré que la harmaline, traitée par le brome en solution dans l'acide acétique, donne un dérivé monobromé $C^{13}H^{13}N^2OBr$, tandis que la harmine, dans les mêmes conditions, fournit deux dérivés monobromés isomères $C^{13}H^{11}N^2OBr$: la bromoharmine et l'isobromoharmine.

La bromoharmine, P. F. 275°, forme des sels (chlorhydrate, bromhydrate, sulfate) solubles dans l'eau chaude et dont les solutions, par refroidissement, se prennent en masses gélatineuses. L'isobroharmine fond à 203° et ses sels bien cristallisés sont difficilement solubles, même dans l'eau bouillante.

Il était intéressant de connaître le produit d'oxydation de la bromoharmaline afin d'établir la relation entre cette base et l'un des dérivés bromés de la harmine.

---

(1) V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 215.

Le mode opératoire est quelque peu différent du précédent par suite de l'insolubilité des chromates des bases bromées.

La solution chlorhydrique de chlorhydrate de bromoharmaline, additionnée d'acide chromique, donne un précipité floconneux jaune orangé de chromate de bromoharmaline. On chauffe le mélange au bain-marie pendant une heure. Le chromate, sous l'action de l'excès d'oxydant, se transforme en un corps pulvérulent jaune clair. Celui-ci, recueilli, est décomposé par la potasse alcoolique chaude; la base libérée se dissout dans l'alcool et le chromate de potassium reste en suspension.

Après filtration, la liqueur alcoolique chaude, additionnée de son volume d'eau, laisse déposer par refroidissement des cristaux aiguillés d'un dérivé bromé de la harmine. Ce corps fond à 203°; ses sels, bien cristallisés, sont peu solubles et ne forment pas de gelées en solution aqueuse froide : nous sommes donc en présence de l'isobromoharmine.

Cette oxydation de la bromoharmaline est le meilleur procédé de préparation de l'isobromoharmine, car celle-ci ne se forme qu'en petite quantité par bromuration directe de la harmine, à côté de la bromoharmine qui est le produit principal de la réaction.

En résumé, il est très facile de passer de la harmaline à la harmine par une simple oxydation, ce qui constitue une preuve certaine de l'identité de structure de deux alcaloïdes du *Peganum harmala*. De plus, la transformation de la bromoharmaline en isobromoharmine montre que, dans ces deux dérivés, le brome se rattache au même atome de carbone de l'édifice moléculaire qui les constitue.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une nouvelle synthèse de la phénylrosinduline.* Note de MM. **R. Lantz** et **A. Wahl**, présentée par M. Matignon.

La phénylrosinduline est un colorant qui, malgré son ancienneté, a conservé quelque intérêt, car ses dérivés sulfonés, les azocarmins, possèdent entre autres d'excellentes qualités d'unisson.

Sa préparation, décrite tout d'abord dans le brevet allemand 45 370 de 1888, résulte de l'action de l'aniline et de son chlorhydrate sur l'anilino-naphtoquinone-anilide (phénylamino-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1.4) (I) ou sur les composés pouvant lui donner naissance. L'étude

de cette réaction fut entreprise par Fischer et Hepp [1] à la suite de leur travail magistral sur les indulines. Ayant isolé dans les diverses réactions qui fournissent les indulines un produit intermédiaire, l'azophénine, qui est le générateur de ces colorants, ils appliquèrent ces mêmes réactions aux dérivés de la naphtaline. Ils observèrent, dans ce cas, la formation d'anilinonaphtoquinone anilide et furent conduits à considérer, par analogie, ce composé comme générateur des rosindulines, par l'intermédiaire du dérivé triphénylaminé :

O $\xrightarrow{+NH^2.C^6H^5}$ N

N NH N N

C^6H^5 C^6H^5 C^6H^5 C^6H^5

(I).

La constitution de la rosinduline, de la phénylrosinduline et de la rosindone, donnée par ces savants, fut confirmée dans la suite par Kehrmann et ses élèves [2] qui en réalisèrent la synthèse directe. Il fut établi plus tard que les rosindulines se forment dans un grand nombre de réactions fort complexes, comme les fusions d'amino-azoïques, dérivés des naphtylamines et des naphtols et que cette formation est même plus aisée qu'au départ de l'anilinonaphtoquinone anilide elle-même [3]. Ce fait s'explique, d'ailleurs, quand on connaît la faible réactivité que présente dans cette molécule, ou dans des molécules analogues, l'oxygène cétonique situé en position 1. Ainsi, l'anilinonaphtoquinone (oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1) (II), dont la constitution est similaire, échange difficilement son oxygène cétonique. Mais il en est tout autrement de la fonction phénolique qui lui est immédiatement voisine. Il suffit de chauffer cet anilide avec de l'aniline pour y remplacer, avec la plus grande facilité, OH par le reste de l'amine,

---

(1) Fischer et Hepp, *Ann. Chem.*, 256, 1889, p. 233.

(2) Kehrmann et Hertz, *Ann. Chem.*, 290, 1896, p. 247. — Kehrmann et Locher, *Berichte*, 29, 1896, p. 2072; 31, 1898, p. 2428. — Kehrmann et Messinger, *Berichte*, 24, 1891, p. 587. — Voir aussi D. R. P. 79564.

(3) Fischer et Hepp, *Ann. Chem.*, 262, 1890, p. 237.

tandis que le groupe cétonique demeure lui-même inaltéré (1) :

O — OH — NC^6H^5 (II). → O — $NH.C^6H^5$ — NC^6H^5

Cette mobilité particulière du groupe hydroxyle se retrouve dans l'isomérisation de l'anilino-β-naphtoquinone en milieu acétique bouillant (2) dont le mécanisme admis par Liebermann et Jacobson consiste dans la substitution du reste phénylaminé à l'hydroxyle de l'oxy-2-naphtoquinone-1.4 formée au cours de la réaction (3).

Or, nous avons décrit (4) un isomère de l'anilinonaphtoquinone anilide dans lequel se trouve précisément une fonction phénolique voisine de la liaison quinonique. Il nous a semblé qu'un tel composé [formule (III)] devait, par analogie, entrer aisément en réaction avec l'aniline et qu'il y avait là une possibilité d'arriver facilement aux rosindulines par une réaction régulière et simple. L'expérience nous a montré qu'il en est bien ainsi. Il suffit d'introduire par petites portions l'oxy-2-diphényliminonaphtoquinone-1.4 dans un excès d'aniline chauffée vers 160-180°, en présence d'un catalyseur comme l'acide benzoïque ou le chlorure de zinc pour qu'on constate la formation de phénylrosinduline. On peut suivre les progrès de la réaction par le changement de coloration que donne une goutte du produit avec l'acide sulfurique concentré; la couleur vire du brun sale au vert. La réaction globale, si l'on ne tient pas compte des phases intermédiaires, peut s'écrire

NC^6H^5 — C^6H^5N — OH (III). $\xrightarrow{+NH^2.C^6H^5}$ N — C^6H^5N — N — C^6H^5 $+ H^2O + H^2$

(1) ZINCKE, *Berichte*, 15, 1882, p. 481.
(2) ZINCKE, *Berichte*, 14, 1881, p. 1492.
(3) LIEBERMANN et JACOBSON, *Ann. Chem.*, 211, 1882, p. 73.
(4) R. LANTZ et A. WAHL, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1509.

L'hydrogène formé exerce une action réductrice préjudiciable aux rendements, mais elle peut être évitée si l'on a soin de faire barboter dans la masse un courant d'air assez rapide. Dans ces conditions, il est facile d'isoler la base de la phénylrosinduline qu'une cristallisation permet de purifier; l'analyse fournit alors les chiffres suivants, pour 100 : C = 84,5; H = 5,3; N = 10,6. Théorie pour $C^{28}H^{19}N^{3}$: C = 84,6; H = 4,8; N = 10,6.

La sulfonation du produit brut donne directement un azocarmin très pur.

LITHOLOGIE. — *Sur l'origine éruptive des gneiss basiques de Djabataouré (Togo).* Note de **M. H. Arsandaux.**

Chargé de mission par le Gouvernement du Togo, j'ai visité, au cours de l'hiver 1924-1925, le massif de Djabataouré, dans lequel existe une puissante masse de gabbro présentant de nombreuses intercalations au milieu d'une importante formation de roches à texture orientée, que le géologue Kœrt considère comme les formes orthogneissiques des roches éruptives auxquelles elles sont associées (¹). Mes observations me font partager cette opinion; toutefois, afin de tenter d'appuyer celle-ci d'arguments plus précis, j'ai fait l'étude chimique de quelques-unes des roches de Djabataouré, sur les résultats de leurs analyses en bloc, exécutées par M. Raoult.

Aux types gabbroïques et gneissiques analysés correspondent respectivement : un gabbro à grain grossier, à structure grenue (E^1), un gabbro à grain moyen, dont la structure marque une tendance nette vers la structure intersertale (E^2), une diabase dont je ne saurais certifier l'origine filonienne (E^3), et une amphibolite leucocrate à structure cataclastique, roche feldspathique dont la texture orientée est peu distincte (S^1), une amphibolite pyroxénique (diopside) et feldspathique, à zoïsite, roche nettement rubanée, dont la structure accuse une tendance vers la structure granoblastique (S^2), une amphibolite feldspathique, roche mélanocrate et schisteuse (S^3).

Les résultats des analyses en bloc de ces roches sont exposés ci-après, ainsi que leurs formules magmatiques, avec les moyennes analytiques relatives à chacun des deux groupes de roches, éruptif ou gneissique.

(¹) W. Kœrt, *Geologische Karte von Togo mit Begleitworten. In* H. Meyer : *Das deutsche Kolonialreich*, II, 1910.

	E¹.	E².	E³.	S¹.	S².	S³.	ΣE : 3.	ΣS : 3.
O²....	48,52	47,96	47,68	48,22	48,36	46,26	48,05	47,61
O³...	19,44	19,09	17,51	22,79	18,28	16,83	18,68	19,30
O³...	1,80	2,03	2,62	2,62	1,04	4,39	2,15	2,68
O.....	4,21	5,59	7,22	3,80	4,74	7,33	5,67	5,29
O....	8,15	9,36	8,53	4,08	8,40	6,69	8,68	6,39
O....	14,22	12,66	11,50	13,28	15,50	10,78	12,79	13,19
O....	2,57	2,21	2,67	3,25	2,46	3,60	2,48	3,10
O	0,28	0,45	0,35	0,40	0,34	0,63	0,36	0,46
O²...	0,45	0,43	1,52	1,04	0,40	2,40	0,80	1,28
O⁵...	0,05	0,04	0,23	0,23	0,25	0,47	0,11	0,32
......	0,36	0,36	0,25	0,24	0,17	0,37	0,32	0,26
..:...	0,10	0,09	0,14	0,11	0,11	0,08	0,11	0,10
O....	0,08	0,10	0,14	0,06	0,14	0,13	0,11	0,11
otal..	100,23	100,37	100,36	100,12	100,19	99,96	100,31	100,09
	(II)III 1'	(II)III 1(2)	'III '2	II 2	III 1	'III 2	(II)III 1(2)	(II)III (1)2
	5 2	5 3	5 (2)3	5 2	'5 2	5 2(3)	5 '3	5 2
	4 2	4 2	4 2	4' 2	4 2'	3(4) 2	4 2	4 2'
	'5 2	(4)5 2	5 2'	5 2(3)	'5 2	(4)5 (2)3	'5 3	(4)5 2'

	ΣE : 3.	ΣS : 3.
Comp. virt.		
orth. + *ab*.	22,13	22,17
An.	38,64	37,25
Néphéline.	0,57	3,69
Diopside.	19,79	21,22
Olivine.	13,94	8,74
Minerai.	4,66	5,31
an : (*ab* + *an*)	0,66	0,66

L'examen de ces données numériques conduit à émettre la même opinion que précédemment; de plus, il semble en résulter que dans le passage des gabbros aux gneiss, il n'a dû intervenir que des transpositions moléculaires. Toutefois cette dernière conclusion ne doit pas être adoptée sans réserve, car on ne peut comparer strictement, à ce point de vue, l'analyse d'un gneiss, à celle de la roche éruptive dont il est supposé dériver, que dans le cas exceptionnel où on les recueille dans le même corps géologique. Une telle correspondance existerait, par exemple, si l'on pouvait comparer le magma de Djabataouré, en l'absence supposée de toute variation de celui-ci, au gneiss théorique unique qui en serait l'équivalent dans la série des schistes cristallins, opération qui reviendrait à comparer des moyennes analytiques concernant les gabbros et les gneiss, et obtenus à l'aide de nombreux échantillons choisis aussi divers que possible.

Dans le cas présent, si les échantillons analysés sont bien aussi divers que possible, ils sont peu nombreux et je ne donne le résultat de cette comparaison qu'avec réserve (voir les colonnes ΣE : 3 et ΣS : 3).

On voit que le passage des gabbros aux gneiss est corrélatif d'une augmentation relativement appréciable de la teneur en alcalis et d'une diminution notable de celle en magnésie, se traduisant dans les compositions virtuelles de ces roches, par une élévation nette de la proportion de néphéline, et un fort abaissement de celle de l'olivine, tous les autres éléments

essentiels, réels ou virtuels, ne variant, par contre, que dans des limites étroites.

La comparaison des moyennes analytiques a donc conduit ici à faire ressortir une caractéristique distinctive des gabbros et des gneiss, tout en mettant en évidence, bien plus clairement que précédemment, la parenté étroite de ces deux sortes de roches. Si ces derniers résultats ne sont pas uniquement imputables au hasard, ce qui ne me paraît guère admissible, il y a donc lieu de conclure, qu'au triple point de vue géologique, minéralogique et chimique, les roches orientées de Djabataouré sont les équivalents orthogneissiques des gabbros auxquels elles sont associées.

Ces gneiss, profondément distincts des gabbros dont ils sont issus, par la structure et la composition minéralogique, n'en diffèrent que peu au point de vue chimique. Si ces roches métamorphiques se trouvaient dans des conditions propres à provoquer leur fusion, puis leur consolidation sous la forme de roches holocristallines (gabbros), la composition de ceux-ci, par suite d'un déficit de silice, pourrait comporter un peu de néphéline corrélativement à une diminution notable de l'olivine par rapport à celle calculée pour les gabbros originels.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la flore et le niveau relatif de la couche houillère moyenne de Gages (Aveyron).* Note de M. **Auguste Loubière**, présentée par M. Costantin.

Au nord-est du Rouergue, à la limite des terrains secondaires, est adossée, au pied du massif montagneux des Palanges, une bande assez régulière de terrain carbonifère, courant de l'Ouest à l'Est. On y connaît trois assises charbonneuses, dont l'âge relatif n'a pas encore été précisé.

A Gages, situé un peu en amont de Rodez, le puits de mine Sainte-Marie, traversant le Permien inférieur et moyen, atteint, à 370^{m} de profondeur, la couche houillère moyenne, la plus puissante et où sont actuellement concentrés les travaux d'exploitation.

Grâce à d'obligeants concours, j'ai pu recueillir, dans les schistes provenant du toit de cette couche, un certain nombre de formes végétales où je distingue :

Parmi les Calamariacées : *Calamites cannaeformis* Schloth., *C. Cisti* Brongn., *Calamocladus equisetiformis* (Schloth.) Schimp., quelques *Annularia elegans* Gr., des *Annularia sphenophylloides* (Zenk.) Gutb. fréquents, beaucoup d'*Annularia stel-*

lata (Schloth.) Ren. et Zeil.; *Calamostachys tuberculata* (Sternb.) Sew., en nombreux exemplaires, *Macrostachya infundibuliformis* Schimp., *Palæostachya gracilis* (Sternb.) Sew.

En fait de LYCOPODIALES : *Flegmingites* Carr., en très grand nombre, *Syringodendron bioculatum* Gr.

Dans les SPHENOPHYLLALES : beaucoup de *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., peu de *Sphen. angustifolium* Germ.

Des types, aussi nombreux que variés, répartis soit dans le groupe des PTÉRIDOSPERMÉES, soit dans celui des FILICALES. Fréquents et nombreux *Alethopteris Grandini* (Brongn.) Goepp.; grande quantité d'Asterotheca, dont *Asterotheca arborescens* (Schloth.) Ed. Bur., *A. cyathea* Schimp. très abondant avec *Caulipteris peltigera* Brongn. dépendant, *A. euneura* Schimp., *A. hemitelioides* (Brongn.), *A. lepidorachis* (Brongn.), *A. oreopteridia* (Schloth.), *Callipteridium pteridium* (Schloth.) Zeil.; quelques *Cyclopteris fimbriata* Germ. et Kaulf., rares *C. trichomanoides* Brongn.; *Codonospermum anomalum* Brongn.; rares *Dictyopteris Brongniarti* Gutb., nombreux *D. Schützei* Roemer; *Eremopteris Courtini* Ren. et Zeil.; peu de Névropteridées isolées, cependant *Nevropteris cordata* Brongn. et *N. heterophylla* Brongn.; beaucoup d'Odontoptéridées, principalement *Odontopteris Reichiana* Gutb., assez d'*O. minor* Brongn., des *O. genuina* Gr.; *Pecopteris gracillima* Gr., *Ptychocarpus unita* (Brongn.); *Scolecopteris polymorpha* Brongn.); *Sphenopteris Kidstoni* Ren. et Zeil., *Sph. trifoliata* (Artis) Brongn. (= *Sph. nummularia* Gutb.).

Enfin dans les CORDAÏTALES : *Cordaites borassifolius* (Sternb.) Ung., *C. principalis* (Germ.) Gein., *C. lingulatus* Gr.; *Dorycordaites affinis* Gr., *Poacordaites linearis* Gr., *P. latifolius* Gr., *P. prælongatus* Ren. et Zeil., *P. expansus* Ren. et Zeil. Toutes ces espèces sont nombreuses et mêlées à d'abondants *Carpolithes* et *Cordaicarpes*, tels que *Carp. disciformis* Sternb., *Carp. emarginatus* Goepp., *Cord. lenticularis* (Presl) Gr., *Cord. eximus* Gr., *Cord. Gutbieri* (Gein.) Gr.

En somme, prise dans son ensemble, cette flore offre les espèces stéphaniennes courantes. Bon nombre d'entre elles se présentent dans le Houiller moyen et se rencontrent dans le Permien; elles n'ont aucune valeur au point de vue chronologique. Mais l'abondance des *Asterotheca* et des *Cordaïtées* indique le Houiller supérieur proprement dit. Ce caractère géognostique se précise encore davantage par le nombre, la fréquence et l'association d'autres espèces, telles que *Alethopteris Grandini*, *Odontopteris Reichiana*, *Annularia stellata*, *Calamostachys tuberculata*, *Dictyopteris Schützei*, etc.

Si l'on compare maintenant cette flore avec celles des trois systèmes du bassin de Decazeville, on remarque qu'elle est plus ancienne que celle du système supérieur ou de Bourran, rangée par Grand'Eury (1) dans son

(1) GRAND'EURY, *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France* (*Mém. Sav. étr. Acad. Sc.*, 24, 1877, p. 532).

étage des Calamodendrées et assimilée par von Reinach ([1]) aux couches supérieures d'Ottweiler, dans le bassin de la Sarre. Par contre, elle est plus récente que celle de l'étage des Cévennes, dans lequel Bergeron ([2]) classe, sans preuves paléontologiques suffisantes, le système inférieur ou d'Auzits, sur le même plan que les couches de Carmaux, qui vraisemblablement sont à un niveau moins élevé. Cette flore de Gages semble présenter plus d'analogies avec celle du système moyen ou de Campagnac, placé au niveau des couches d'Argentat (Corrèze), de Champclauson (Gard) et des couches moyennes de Saint-Étienne, comprises dans l'ancienne zone des Filicacées.

En résumé, dans cette flore, les formes filicoïdes et celles « que l'on sait ou que l'on soupçonne avoir porté des graines » constituent par leur masse le fond de la végétation, les Cordaïtales sont abondantes. La couche houillère moyenne de Gages me semble donc devoir être située tout à fait à la base du Stéphanien moyen, sinon en partie au sommet de la zone des Cordaïtées.

BOTANIQUE. — *Quelques nouvelles Sapindacées de Madagascar.* Note ([3]) de M. **P. Choux**, présentée par M. Lecomte.

Des quatorze tribus que comprend la famille des Sapindacées, trois seulement, les Aphaniées, les Mélicoccées et les Cossigniées, ne sont pas jusqu'ici représentées à Madagascar et l'on pourrait peut-être y ajouter également les Néphéliées, dont on ne connaît qu'une seule espèce, introduite, et à fruit comestible, le *Litchi sinensis* Sonn. Par ailleurs, d'autres tribus, comme les Doratoxylées, ne comprennent jusqu'à présent qu'une seule espèce malgache.

Les études que nous poursuivons sur les Sapindacées de Madagascar et dont nous avons déjà fait connaître les premiers résultats dans une Note antérieure ([4]) nous permettent aujourd'hui de modifier un certain nombre de ces données.

([1]) Von Reinach, *Das Rothliegende im Süden und Westen des französischen Centralplateaus* (*Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 44, 1892, p. 243).

([2]) Bergeron, *Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau central*, 1889, p. 200. Paris.

([3]) Séance du 8 mars 1926.

([4]) P. Choux, *Les Cupaniées malgaches* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 71).

En effet, parmi les Sapindacées récoltées à Madagascar par M. Perrier de la Bâthie, il est tout d'abord deux espèces, que nous croyons nouvelles, et qui nous paraissent devoir rentrer, l'une dans la tribu des Aphaniées et l'autre dans celle des Mélicoccées. Le fait est d'autant plus remarquable qu'à l'exception de quelques *Aphania* de l'Afrique tropicale, les Aphaniées sont toutes de l'Asie et de l'Océanie et que, si les Mélicoccées sont bien connues en Amérique et en Océanie, elles ne paraissent pas jusqu'ici avoir de représentants en Afrique. Nos deux espèces nous semblent, en outre, appartenir l'une et l'autre à des genres nouveaux.

C'est ainsi qu'est une *Aphaniée*, le *Manongarivea Perrieri* nov. sp., arbuste de l'Ambongo, qui, par la consistance du péricarpe de ses fruits, se rapprocherait des genres *Thraulococcus* et *Aphanococcus*, mais qui s'en distingue néanmoins par ses deux carpelles et son embryon presque droit avec radicule punctiforme.

Est par contre une *Mélicoccée*, le *Strophiodiscus Jumellei* nov. sp., arbre de 12 à 15^m de hauteur, à feuilles persistantes, appelé *Volanary* par les indigènes, et dont les fleurs sont bien caractéristiques avec leurs pétales divisés en deux lamelles laissant entre elles une petite poche et avec leur disque en forme de vase oblique. Le *Strophiodiscus Jumellei* paraît être, d'autre part, à Madagascar, une de ces espèces que la déforestation intensive pratiquée dans certaines régions de l'île menace de faire disparaître complètement. M. Perrier de la Bâthie n'en a vu qu'un seul pied dans le village d'Ifasina, au sud-ouest de Vatomandry, et cet individu, planté ou conservé par les habitants, provient certainement de l'ancienne forêt qui couvrait jadis des régions, mais qui est maintenant détruite à 100^{km} à la ronde, par suite des cultures indigènes extensives.

Non moins intéressant est l'*Omalocarpus macrophyllus* nov. sp., arbuste de $0^m,50$ de hauteur, presque toujours simple, rarement bifurqué au sommet, portant des feuilles caduques groupées en bouquet terminal et qui ont sensiblement la même longueur que le tronc lui-même. Or, par son ovaire à trois carpelles bien distincts et ses graines arillées, cet arbuste, polygame androdioïque et qui provient des bois sablonneux secs de l'Ankarafantsika, est très nettement une *Néphéliée*. S'il présente certains traits de ressemblance avec les *Euphoria*, il s'en distingue bien néanmoins par ses pétales appendiculés et par ses étamines plus nombreuses.

D'autre part, à côté du *Filicium abbreviatum* Radlk., qui est l'unique *Doratoxylée* connue jusqu'ici à Madagascar, il nous faut maintenant placer le *Cardiophyllarium apetalum* nov. sp., arbuste de 1 à 2^m de hauteur, à

feuilles caduques et à folioles cordiformes, que l'on trouve dans le Boina et l'Ambongo, ainsi qu'à Mayotte. Ces deux espèces ne sauraient d'ailleurs être confondues, car le *Filicium abbreviatum* a une corolle, qui fait défaut dans le *Cardiophyllarium apetalum*.

Enfin nous signalerons que, si, parmi les *Macphersonia*, bien caractérisès par leurs feuilles composées bipennées, nous avons cru devoir supprimer un certain nombre d'espèces, comme le *M. acutifoliola* Hemsl., que nous rapportons au *M. gracilis* O. Hoffm., le *M. myriantha* Hemsl., qui n'est autre que le *M. madagascariensis* Bl. et enfin le *M. laevis* Radlk., qu'aucun caractère ne nous paraît devoir séparer du *M. Hildebrandtii* O. Hoffm., par contre nous avons cru pouvoir admettre deux nouvelles espèces, le *M. Radlkoferi* et le *M. macrocarpa*. Le premier est un arbre à feuilles persistantes des bois littoraux de la côte Est, entre Mahanoro et Mananjary et où les inflorescences sont des panicules, comme dans le *M. madagascariensis*, mais où ces panicules sont glabres. Le deuxième, de la chaîne du Kalabenono dans la région du Sambirano est assez caractéristique avec son infrutescence longuement pendante de 70^{cm} de longueur, qui porte de gros fruits à péricarpe rugueux.

En résumé, et si l'on ajoute à ces diverses espèces les quelques Cupaniées que nous avons antérieurement signalées ici-même et les nouveaux *Allophylus* que nous avons fait connaître récemment, c'est donc *une quinzaine d'espèces nouvelles de Sapindacées* que nous pouvons mentionner à Madagascar, parmi lesquelles quelques-unes appartiennent à des tribus qui, comme les Aphaniées et les Mélicoccées, n'avaient point jusqu'ici de représentants dans cette île. La tribu des Cossigniées serait donc désormais la seule qui ne serait point connue à Madagascar.

BOTANIQUE. — *Sur l'action des méthodes à imprégnation argentique sur les cellules végétales et sur les relations du vacuome et de l'appareil de Golgi.* Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

L'assimilation des canalicules de Holmgren décrits dans les cellules animales avec le vacuome observé par colorations vitales au rouge neutre dans les cellules végétales paraît actuellement suffisamment établie par les recherches que nous avons faites sur un grand nombre de Phanérogames et par les travaux plus récents effectués dans les cellules animales par Corti, Parat et Painlevé. Par contre, l'assimilation du vacuome et des canalicules

de Holmgren avec l'appareil réticulaire de Golgi n'est fondée jusqu'ici pour ce qui concerne les cellules végétales que sur nos recherches sur la racine d'Orge et sur un *Saprolegnia*. Étant données les controverses qu'elle a suscitées en cytologie animale, il est donc nécessaire d'étendre les résultats obtenus dans ces deux cas à d'autres végétaux.

Les observations que nous résumerons ici portent sur les végétaux les plus divers, mais principalement sur les cellules épidermiques des jeunes feuilles d'*Iris germanica* et sur le bourgeon d'*Elodea canadensis* qui avaient été antérieurement l'objet d'études vitales détaillées de notre part.

Rappelons que les cellules épidermiques des très jeunes feuilles d'*Iris germanica* offrent un vacuome constitué par de minces canalicules répartis dans tout le cytoplasme et souvent anastomosés en réseau qui, à mesure que les cellules s'accroissent, se gonflent par hydratation et se fusionnent pour constituer de grosses vacuoles rondes. Les formes canaliculaires se colorent d'une manière homogène et intense par le rouge neutre. Les grosses vacuoles rondes qui résultent de leur confluence prennent une teinte beaucoup plus diffuse et montrent dans leur intérieur des corpuscules fortement colorés dus à la précipitation d'une partie du suc vacuolaire : celui-ci paraît contenir une substance protéique unie à des composés phénoliques.

Les méthodes de Cajal et de da Fano déterminent une altération des vacuoles canaliculaires et réticulaires qui se décomposent en chaînettes de petites vacuoles rondes. Celles-ci, extrêmement nombreuses, se distinguent d'une manière assez nette et montrent toutes dans leur intérieur un ou plusieurs corpuscules résultant de la précipitation de leur contenu et qui apparaissent fortement imprégnées par l'argent. Parfois, les précipités vacuolaires sont accolés sur un côté de la vacuole sous forme d'un croissant. Fréquemment aussi, de très fins précipités argentiques se déposent tout autour de chacune des vacuoles qui paraissent alors entourées d'une membrane granuleuse et qui renferment en même temps dans leur intérieur des corpuscules plus gros et fortement colorés. L'ensemble de ces figures représente assez bien certains aspects décrits pour les formations de Golgi, bien que par suite d'une altération les formes réticulaires du vacuome ne soient pas respectées. On sait d'ailleurs que la disposition réticulaire de l'appareil de Golgi est très loin d'être générale. Dans les cellules plus différenciées qui renferment déjà des vacuoles rondes et assez grosses, ces dernières montrent de nombreux précipités fortement colorés qui souvent affectent des dispositions réticulaires rappelant le réseau de Golgi. Les méthodes à

l'osmium reproduisent fidèlement les figures réticulaires des stades initiaux du vacuome, sans aucune altération, mais elles noircissent en même temps les mitochondries et les plastes qui peuvent se confondre avec elles. Des résultats analogues ont été obtenus dans les jeunes folioles de Rosier.

Dans le bourgeon d'*Elodea canadensis*, le vacuome apparaît sur le vivant, dans le méristème de la tige et dans les plus jeunes ébauches foliaires sous forme de petites vacuoles rondes, colorables par le rouge neutre : tantôt, toute la vacuole prend une teinte diffuse, tantôt elle montre seulement à son intérieur un corpuscule fortement coloré. Le contenu de ces vacuoles paraît être protéique. Les méthodes de Cajal et de da Fano reproduisent exactement les mêmes figures.

La racine et les cotylédons de la plantule de Pois nous ont permis de mettre en évidence par ces méthodes un réseau de Golgi tout à fait caractéristique, correspondant aux grains d'aleurone en voie de transformation en vacuoles et absolument superposables aux figures obtenues sur le vivant par le rouge neutre.

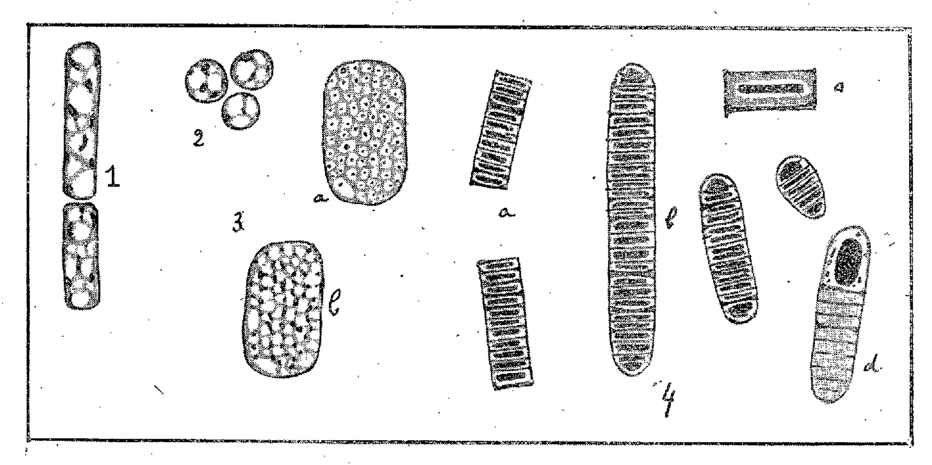
Nous avons également réussi à imprégner par ces méthodes les précipités vacuolaires (corpuscules métachromatiques) de diverses Chlorophycées, de Cyanophycées, de Bactéries et de quelques Champignons (Levures et *Oïdium lactis*).

Les méthodes à imprégnation argentique *sont très loin de donner des résultats constants*. En dehors de fins précipités cytoplasmiques qu'elles font apparaître parfois et qui sont manifestement des artifices de préparation et du noyau qu'elles imprègnent presque constamment, elles peuvent colorer soit simultanément soit isolément les précipités du vacuome et les éléments du chondriome, mais *dans la majorité des cas, ces méthodes mettent en évidence exclusivement les précipités vacuolaires*, reproduisant des images très semblables à celles que l'on rapporte dans les cellules animales aux formations de Golgi. Nos recherches confirment donc nos résultats antérieurs et nous amènent à admettre que les formations décrites dans les cellules animales sous le nom d'appareil de Golgi sont en grande partie attribuables à un vacuome analogue à celui que mettent en évidence dans les cellules végétales, les colorations vitales au rouge neutre.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude cytologique et taxinomique des Bactéries.* Note de M. **Albert Petit**, présentée par M. Molliard.

La question de la position systématique des Bactéries reste très confuse. On les incorpore en général dans le groupe des Cyanophycées en s'appuyant sur certains genres (*Leuconostoc*, *Beggiatoa*, *Cladothrix* et *Oscillospira*) qui ont une ressemblance évidente avec les Cyanophycées. Cependant les travaux de la plupart des auteurs, notamment ceux de Schaudinn et Guilliermond, qui ont observé la structure des Bactéries, s'accordent pour reconnaître que ces organismes n'ont ni noyau ni corps central. Si l'on veut voir dans les Bactéries un équivalent du noyau, il faut admettre l'hypothèse d'un noyau diffus formé par des granulations chromatiques disséminées dans le cytoplasme.

D'autre part, pour essayer de préciser les relations qui peuvent exister entre les Bactéries et les Cyanophycées, il est nécessaire d'étudier la structure des autres genres qui se rapprochent par leur aspect des Bactéries.



C'est ce que nous nous proposons de faire ici par l'étude de diverses Sulfuraires et de l'*Oscillospira Guilliermondi*.

Les Sulfuraires examinées (*Thiothrix nivea*, *Beggiatoa alba*, *Thiocystis violacea* (*fig.* 2), *Amœbobacter*, *Rabdochromatium*, *Chromatium Okenii*), ne nous ont pas permis de constater un corps central semblable à celui des Cyanophycées. Contrairement à l'opinion admise par Bütschli, on y trouve la même structure que dans les autres Bactéries avec des corpuscules métachromatiques et des grains sidérophiles disséminés dans le cytoplasme.

Dans le *Chromatium Okenii*, que nous avons spécialement étudié, nous n'avons pas retrouvé la structure complexe récemment décrite par de Petschenko. Il existe cependant une couche pariétale de cytoplasme homogène et très mince, plus acidophile que le reste de la cellule qui renferme un cytoplasma alvéolaire présentant des corpuscules métachromatiques (*fig*. 3, *a*), et des granulations sidérophiles (*fig*. 3, *b*). Comme le pigment, les granules graisseux, les granulations de soufre et les corpuscules métachromatiques semblent répartis dans toute cette partie centrale (qui, d'ailleurs, ne présente nullement l'apparence nucléaire et la forte chromaticité du corps central des Cyanophycées), et que, d'autre part, cette couche corticale ne se retrouve pas dans des espèces voisines comme *Thiocystis* et *Beggiatoa*, et nous ne pensons pas qu'il s'agisse d'un corps central semblable à celui des Cyanophycées.

L'*Oscillospira Guilliermondi* (Chatton) trouvé dans l'intestin du Cobaye présente sur le vivant un aspect absolument semblable à celui d'un trichome d'Oscillaire. Les cellules ont un contenu homogène et se colorent uniformément par les colorants vitaux. Après fixations et colorations diverses, elles se teignent d'une manière uniforme. Par contre, si l'on pratique des coupes très fines à la paraffine, on observe surtout après fixation au liquide de Perenyi un corps central tout à fait semblable à celui des Cyanophycées, fortement sidérophile, qui paraît constitué par un réticulum et une couche pariétale très peu chromophile (*fig*. 4, *a*, *b* et *c*), séparée du corps central par une couche vacuolaire. Ce corps central se divise pendant le partage cellulaire par étranglement accompagné de la formation d'une paroi transversale qui apparaît d'abord sous forme d'un anneau périphérique. L'*Oscillospira* présente donc à tous ses égards la même structure que les Cyanophycées. Les spores dans le matériel dont nous nous sommes servi étant très rares, il nous a été impossible de les étudier. Nous avons simplement constaté par observation à l'aide de colorants vitaux qu'autour de la spore se trouve un cytoplasme rempli de corpuscules métachromatiques (*fig*. 4, *d*).

En résumé, nos recherches montrent que les Sulfuraires, malgré leur ressemblance avec les Cyanophycées, sont bien différentes de ces Algues par leur structure qui est semblable à celle des Bactéries ordinaires, sans noyau, ni corps central. Elles nous ont permis de constater au contraire, dans l'*Oscillospira*, un corps central tout à fait analogue à celui des Cyanophycées, ce qui démontre que ce genre doit être séparé des Bactéries et considéré comme une forme de Cyanophycées ayant perdu sa chrorophylle

par suite d'adaptation au parasitisme. On peut donc conclure qu'il n'existe entre les Cyanophycées et les Bactéries que des relations très lointaines et que l'on doit séparer ces dernières des Cyanophycées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'argon du sang*. Note de MM. **L. Hackspill**, **A.-P. Rollet** et **Maurice Nicloux**, présentée par M. Le Chatelier.

La présence de l'argon dans le sang a été signalée dès 1897 par Regnard et Schlœsing (1). Ces auteurs en extrayant par le vide les gaz de 10^l de sang, recueilli par ponction de la veine jugulaire, chez le cheval, y trouvèrent l'argon dans la proportion de $0^{cm^3},42$ par litre de sang. Cette quantité est le double environ de celle que peut faire prévoir le coefficient de solubilité de ce gaz dans l'eau ou le sérum à la température de 37-38°.

Une recherche analogue entreprise récemment par deux d'entre nous (2) sur 10^l de lait, permit de fixer à $0^{cm^3},28$ la quantité d'argon par litre, qui correspond à très peu près à celle que l'on peut calculer par application de la loi d'Henry.

Dans un autre ordre d'idées, Amé Pictet, Scherrer et Helfer (3) effectuant la combustion du caillot sanguin en présence d'oxyde de cuivre et dans un courant d'acide carbonique, analysant les gaz obtenus, y auraient décelé l'argon dans la proportion importante de $0^{cm^3},8$ par gramme de caillot desséché dans le vide (4). Pour en expliquer la présence ils émettent, sous toutes réserves, l'hypothèse suivante : « On sait, disent-ils, que la présence du potassium est nécessaire à toute manifestation de la vie, or cet élément (ou tout au moins l'un de ses isotopes) est radio-actif et émet des rayons β. Mais on ignore quels sont ses produits de désintégration; il ne parait pas inadmissible que l'un d'eux soit l'argon » (5).

On voit, sans qu'il soit nécessaire d'insister, l'intérêt considérable que présenteraient de tels faits s'ils étaient confirmés; il est non moins évident qu'avant de les discuter utilement, leur vérification expérimentale s'impose.

---

(1) P. Regnard et Th. Schlœsing fils, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 302.

(2) Hackspill et Rollet, *Bull. de la Soc. chim. de France*, **39**, 1926, p. 32.

(3) Amé Pictet, Werner Scherrer et Louis Helfer, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1629 et **181**, 1925, p. 236; *Helvetica Chimica Acta*, **8**, 1925, p. 537-545.

(4) On peut aisément calculer que cette quantité correspondrait à 100^{cm^3} d'argon par litre de sang frais.

(5) *Helvetica Chimica Acta*, *loc. cit.*, p. 545.

C'est cette vérification que nous avons entreprise en utilisant l'appareillage dont Hackspill et Rollet s'étaient servis dans leurs recherches sur les gaz du lait et après en être tombés d'accord avec M. Amé Pictet lui-même (1).

Expériences sur le sang. — Du sang de bœuf est recueilli à l'abattoir alors qu'on sacrifie l'animal (2), on le défibrine par agitation en même temps qu'on l'additionne de 2,5 pour 100 d'alcool à 95°. On en remplit immédiatement un grand flacon taré; $7^{kg},750$, soit $7^{l},580$, sont ainsi mis en expérience.

Avant d'introduire ce sang dans le récipient vide (tourie de verre) d'un volume de 29^{l}, on le prive de son oxygène par une addition de 17^{g} d'hydrosulfite dissous dans 100^{cm^3} d'eau alcalinisée par 1^{cm^3} d'ammoniaque concentrée. Toute l'oxyhémoglobine passe à l'état d'hémoglobine. On évite ainsi le dégagement ultérieur de $1^{l},5$ environ d'oxygène et l'installation des dispositifs nécessaires à son absorption. Pour se débarrasser de toute mousse encombrante on introduit simultanément dans le milieu 1^{cm^3} d'alcool octylique.

L'acide carbonique, et éventuellement l'acide sulfureux qui pourrait se dégager, étant absorbés *in situ*, les gaz recueillis, exempts d'oxygène, sont uniquement constitués par de l'azote et de l'argon; ils renferment une trace de gaz combustible de l'ordre du centième de centimètre cube constitué par de l'oxyde de carbone. Le volume total recueilli est de $75^{cm^3},67$ sur lesquels on a prélevé $63^{cm^3},7$ qui, après absorption par le calcium (3), ont fourni $1^{cm^3},485$ d'argon.

Finalement on trouve, tous calculs faits, les gaz ramenés à 0 et 760.

	Azote.	Argon.
Par litre de sang.............	$9^{cm^3},78$	$0^{cm^3},234$

Ces nombres sont très voisins de ceux calculés par Regnard et Schlœsing par application de la loi d'Henry et qui sont respectivement de 9^{cm^3} d'azote et de $0^{cm^3},24$ d'argon par litre de sang.

Expériences sur le caillot sanguin. — Nous avons opéré comme l'ont

(1) Nous devons ajouter que nous avons cru de notre devoir de communiquer nos résultats, dès que nous les avons obtenus, à M. Amé Pictet, et cela avant toute publication.

(2) Nous regrettons de n'avoir pu ponctionner un vaisseau comme l'avaient fait Regnard et Schlœsing chez le cheval.

(3) Dans un appareil tout en verre analogue à celui employé par Soddy, *Proceedings of the Royal Society*, **78**, 1906, p. 429.

indiqué MM. Pictet, Scherrer et Helfer. Du sang (de bœuf) est abandonné à la coagulation. Une partie du caillot est desséchée dans le vide sur l'acide sulfurique. On obtient ainsi une substance qui, réduite en poudre, servira aux essais suivants,

Premier essai. — Pris 4^g. Combustion dans le vide d'après la technique de Hackspill et d'Huart. L'analyse est faite sur une partie ($91^{cm^3},6$) du gaz décarbonaté. L'absorption par le calcium est complète, le gaz ne renferme pas d'argon.

Second essai. — Même expérience sur $2^g,90$ de substance. Température de combustion 850°. Volume total de gaz recueilli $282^{cm^3},2$. Ce gaz ne renferme rigoureusement pas trace d'argon comme en témoigne la pression dans l'appareil — d'un volume de 2^l environ — à la fin de l'absorption par le calcium. Mesurée, cette pression s'élève en effet à $\frac{3}{10000}$ de millimètre de mercure, or elle était de même ordre avant toute introduction de gaz.

Conclusions. — 1° L'argon, comme l'azote, se trouve dans le sang défibriné en quantité correspondant à son coefficient de solubilité et à sa pression partielle dans l'air.

2° Le caillot, desséché dans le vide, brûlé en présence d'oxyde de cuivre, ne donne lieu à aucun dégagement d'argon.

BIOLOGIE. — *Essaimage et rythme lunaire d'un Phyllodocien* (Eulalia punctifera *Grube*). Note de MM. **L. Fage** et **R. Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

La présence de soies épitoques, signalée depuis longtemps chez quelques Phyllodociens arrivés à maturité et appartenant aux genres *Eulalia*, *Protomystides* et *Mystides* laissait supposer l'existence d'une phase pélagique chez ces Polychètes sédentaires. La capture accidentelle, en surface, par Ch. Gravier (1) de l'*Eulalia punctifera* Grube et de l'*Eteone foliosa* Qfg., et celle de l'*Eteone longa* Fabr. (= *E. arctica* Malmgr.) par Meck et Storrow (2) montraient que cette hypothèse était valable, même pour des formes dépourvues, comme celles-ci, de soies natatoires.

Les pêches à la lumière que nous exécutons régulièrement à Concarneau, depuis plusieurs années, ont permis de recueillir, nageant entre deux eaux

(1) *Bull. Sc. France et Belgique*, **29**, 1896, p. 14.
(2) *Ann. Mag. Nat. Inst.*, (9), **14**, 1924, p. 453.

13 espèces de Phyllodociens, représentant tous les genres des *Phyllodocinæ* de nos côtes, sauf le genre *Notophyllum*.

Il s'agit, presque exclusivement, d'individus adultes, bourrés de produits sexuels ou vidés, et dont la présence dans le plancton est liée à la reproduction. Seuls l'*Eulalia bilineata* Johnst., le *Protomystides bidentata* (Langh.) et le *Mystides limbata* St-Jos. portaient des soies épitoques; les autres espèces montraient simplement une réduction du système musculaire et un amincissement des parois du tube digestif. Parmi ces dernières formes, relativement peu modifiées, certaines offrent, cependant, le spectacle d'essaimages en masse, coïncidant chaque fois avec les mêmes phases de la lune et analogues à ceux que nous avons déjà signalés ([1]) chez divers Polychètes.

Tel est le cas de l'*Eulalia punctifera*, espèce littorale, abondante sur nos côtes, dans les dragages ou sous les pierres et dans le sable vaseux découvrant à mer basse. Au moment de la reproduction, les adultes, longs de 8 à 10^{cm}, quittent leurs retraites et deviennent pélagiques. Quelques individus apparaissent dans le plancton dès le début de juillet (6 juillet 1923) et l'on en trouve encore la nuit, en surface, vers le milieu d'octobre (15 octobre 1923). Ce sont là des individus précoces ou retardataires qui ne sont représentés dans nos pêches que par un, deux ou trois individus.

Mais, brusquement, au dernier quartier de la lune d'août, soit le jour même (3 septembre 1923), soit l'avant-veille (18 septembre 1924), soit le lendemain (11 septembre 1925), l'essaimage se produit. Mâles et femelles viennent en foule, après la tombée de la nuit, vers notre lanterne; on les voit, pendant une heure, monter du fond vers la lumière ou arriver en surface de tous les bords de la zone éclairée; ils vont tous vers le foyer en ondulant et leur nage serpentine les distingue à première vue des autres Annélides qui circulent en même temps dans le champ lumineux. En approchant, ils laissent échapper leurs produits sexuels qui forment derrière eux une traînée blanche, un sillage laiteux se diluant et s'effaçant peu à peu. Avec un simple haveneau, manié du bord de notre embarcation, nous les prenons par centaines. Toutefois, en 1925, l'essaimage fut sensiblement plus pauvre; il avait été précédé, en effet, un mois auparavant, d'un premier essaimage, très nombreux celui-là, qui avait eu lieu le 13 août, surlendemain du dernier quartier de la lune de juillet.

([1]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 282 et 1150; **180**, 1925, p. 1373 et 2081; **181**, 1925, p. 621.

Autant que nous permettent de l'affirmer nos observations concordantes de 1923, 1924 et 1925, l'*Eulalia punctifera* essaime donc au dernier quartier de la lune d'août. Il semble en outre que, si le dernier quartier de la lune de juillet tombe assez tard dans la saison, comme en 1925 (11 août), l'essaimage peut se produire dès ce moment, mais il est alors suivi d'un second essaimage, plus réduit, qui a lieu, comme en temps normal, au dernier quartier de la lune d'août.

Ce rythme, que nous sommes incapables d'expliquer pour l'instant, est comparable par sa régularité et la longueur de sa période, à celui suivant lequel se fait en Floride l'essaimage du Palolo atlantique, l'*Eunice fucata* (Ehl.) qui se répand en surface, une fois l'an, dans les trois jours qui suivent le dernier quartier de la lune de juin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le fractionnement des protides du sérum et la désalbumination du sérum antidiphtérique.* Note [1] de MM. **P. Sédallian** et **J. Loiseleur**, présentée par M. Widal.

On sait déjà que les propriétés antitoxiques des sérums thérapeutiques sont liées en majeure partie à une fraction seulement des protides que des procédés divers parviennent à isoler. On a utilisé dans ce but des solutions salines [2] [NaCl, SO^4Na^2, $SO^4(NH^4)^2$, SO^4Mg], cette précipitation étant favorisée par des traces d'acide.

Nous considérerons le sérum sanguin comme un système colloïdal dont l'élément basal serait la sérine [3] donnant, immédiatement et en l'absence de sels minéraux, des pseudo-solutions. Ses micelles auraient la propriété d'absorber les globulines dont elles constitueraient le support.

Si, en effet, on amène un sérum à pH 4,7, point isoélectrique de la sérine, les sérumglobulines se trouvent dans un état d'équilibre instable que détruit toute modification apportée à leur charge; il suffit d'ajouter une certaine quantité de NaCl pour obtenir la floculation et

---

(1) Séance du 22 février 1926.

(2) Ce procédé a permis également à MM. Widal et Sicard l'isolement des agglutinines.

(3) Nous conservons, pour la commodité de l'exposition, les dénominations usuelles de sérine et de globuline, sans attribuer à ces dénominations une précision qu'elles ne comportent pas. Ce qu'il importe de retenir, ce sont les conditions physico-chimiques de la précipitation.

l'isolement des globulines. Leur floculation commence vers une concentration de 20 pour 100 de NaCl et est totale vers 33 pour 100. Comme contrôle chimique, on peut s'assurer de la disparition progressive des globulines dans la solution protéique résiduelle en effectuant, sur un petit essai, la recherche des lipoglubulines par agitation avec 10 pour 100 d'un mélange à volume égal d'éther et de chloroforme, centrifugation et observation du culot de centrifugation.

Cette technique, appliquée au sérum antidiphtérique, permet de fractionner des constituants périodiques, dont les propriétés antitoxiques sont de plus en plus accusées. Si l'on titre, soit par la méthode d'Ehrlich, soit par la floculation du mélange (toxine + antitoxine) selon la technique de Ramon, on constate que les premières portions précipitées (à 21 pour 100 de concentration de NaCl) sont dépourvues de propriétés antitoxiques : elles correspondraient à cette fraction du système colloïdal, désignées sous le nom d'euglobulines et qui sont démunies de pouvoir préventif (ainsi que l'ont montré surtout Dieudonné, Belfanti et Carbone, Seng, Banzhaf et Gibson).

A partir de 22 pour 100 de NaCl, on flocule une autre portion de colloïdes à laquelle se rattache la plus grande partie du pouvoir antitoxique; toutefois ces propriétés persistent encore, mais très atténuées, dans la partie restée soluble (sérum-albumine).

Ces recherches ont pour objet d'établir les conditions les plus favorables à l'élimination de certains protides et à la concentration du pouvoir antitoxique du sérum antidiphtérique [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du phosphore dans le sérum et les globules rouges du sang.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. Ch. Moureu.

Étudiant par la méthode néphélométrique de Pouget et Chouchak la répartition du phosphore dans le sang, Greenwald [2] et, après lui, Bloor [3] trouvent que dans le sérum et dans les hématies il n'existe que

[1] Ces recherches visent au même but que celles de M. L. Martin qui en a récemment publié certaines applications (*Soc. de Chir. de Paris*, 52, n° 5, 13 février 1926, p. 128).

[2] *Journ. of biological Chemistry*, 14, 1913, p. 369; 21, 1915, p. 29.

[3] *Ibid.*, 36, 1918, p. 49; *Bull. de la Soc. de Ch. biologique*, 3, 1921, p. 451.

du phosphore lipoïde et acidosoluble, ce dernier comprenant des composés phospho-organiques dans la proportion de 13 à 26 pour 100 dans le sérum et de 89 à 97 pour 100 dans les globules rouges. Ils mettent ainsi en doute la présence des nucléines dans le sang et affirment l'existence des composés organiques autres que la lécithine, ce qui est en désaccord avec les analyses antérieures d'Abderhalden (¹).

Il m'a paru utile de reprendre ces recherches par une bonne méthode pondérale. J'ai eu recours à celle que j'avais proposée, en 1920, pour le dosage de faibles quantités d'acide phosphorique (²). Contrôlée et utilisée par Lemeland (³) pour l'étude des phosphatides du sérum, elle lui a donné pleine satisfaction.

J'ai dû l'adapter à la détermination de l'acide phosphorique minéral en présence des composés organiques du phosphore. Sans entrer dans des détails qui seront publiés ailleurs, j'indiquerai qu'il est possible de pratiquer ce dosage dans le sang avec une grande précision au moyen de deux méthodes doubles différentes : 1° en précipitant l'acide phosphorique par le molybdate d'ammonium, en milieu nitrique, à froid, en minéralisant d'après Neumann le précipité filtré et en reprécipitant à la température d'ébullition, en milieu purement sulfurique, par le molybdate d'ammonium.

2° En précipitant par la mixture magnésienne, en dissolvant le précipité infime qui se forme dans l'acide sulfurique et en terminant comme précédemment.

J'ai étudié le sérum et les hématies du lapin, du mouton, du bœuf, du cheval et du chien avec des résultats comparables, en y dosant :

a. Le phosphore de l'extrait alcoolique froid, évaporé dans le vide et divisé, par épuisement à l'éther, en deux fractions : phosphore de l'extrait éthéré et phosphore de l'extrait alcoolique insoluble dans l'éther;

b. Le phosphore total de l'extrait picrique (⁴) et son phosphore minéral par les deux méthodes doubles sus-indiquées. Ces trois dosages donnaient des chiffres identiques, à 1 pour 100 près, pour tous les sérums examinés.

Ci-après, à titre d'exemple, les analyses d'un échantillon de sang de cheval et de chien rapportées à un litre de sérum et à un litre d'hématies.

(¹) *Zeitsch. f. physiol. Chemie*, 25, 1898, p. 67.

(²) *Bull. de la Soc. chim. de France*, 4ᵉ série, 27, 1920, p. 507 et 564.

(³) *Bull. de la Soc. de Chimie biologique*, 3, 1921, p. 157.

(⁴) L'adjonction de l'acide acétique à la solution de l'acide picrique, recommandée par Greenwald, est superflue, les composés dits acidosolubles étant parfaitement solubles dans l'eau.

De l'étude de ces chiffres, comme de ceux de mes autres analyses, résulte l'absence de phosphore insoluble et par conséquent, de nucléine dans le sérum. En dehors du phosphore lipoïde, le sérum ne contient pas de quantité sensible de phosphore en combinaison organique, les observations contraires de Greenwald et de Bloor étant attribuables à l'imperfection de la méthode néphélométrique.

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LE SANG.

Cheval.

	Dans 1[l] de sérum.		Dans 1[l] d'hématies.	
	P en mg.	P pour 100 du P total.	P. en mg.	P pour 100 du P total.
Phosphore total	74,12		559,30	
» de l'extrait éthéré	42,16	56,88	107,74	19,26
» de l'extrait alcoolique (insoluble dans l'éther).	4,48	6,04	13,72	2,45
Phosphore minéral	27,64	37,29	64,30	11,49
» organique soluble	néant		341,70	61,09
» insoluble (par différence).	néant	—	31,84	5,71
Total		100,21		100

Chien.

	P en mg. (sérum)	P pour 100 du P total.	P. en mg. (hématies)	P pour 100 du P total.
Phosphore total	130,80		557,34	
» de l'extrait éthéré	88,40	67,63	120,36	21,59
» de l'extrait alcoolique (insoluble dans l'éther).	3,55	2,71	11,82	2,12
Phosphore minéral	38,88	29,72	119,72	21,48
» organique soluble	néant		266,70	47,85
» insoluble (par différence).	néant		38,74	6,96
Total		100,06		100

Les hématies contiennent, par contre, du phosphore insoluble, de 6 à 11 pour 100 (globules de mouton). La nucléine en constitue probablement une faible part, les globules rouges examinés n'étant pas exempts de leucocytes. Il est surtout représenté par un sel ferrique insoluble du principe phospho-organique des globules, comme je le montrerai ultérieurement.

Ce qui est surtout remarquable, c'est la richesse des hématies en phosphore organique soluble : 61,09 pour 100 du phosphore total chez le cheval

et 47,85 pour 100 chez le chien. Ces chiffres pêchent plutôt par défaut, car les hématies contiennent une phosphatase hydrolysant le composé phospho-organique soluble à la t^o ambiante. En réanalysant les mêmes globules de chien après 16 heures et 48 heures de séjour au laboratoire à 21°, j'ai trouvé respectivement 26,66 et 36,70 pour 100 de phosphore inorganique au lieu de 21,48 pour 100 marqués au tableau, la teneur en lécithine restant la même.

Je ne puis donc que confirmer, en ce qui concerne les hématies, la belle découverte de Bloor d'une portée si grande pour la physiologie des échanges phosphorés. Elle est d'autant plus certaine qu'il est facile d'isoler des globules rouges de cheval et de chien leurs principes phospho-organiques et de les définir chimiquement.

PROTISTOLOGIE. — *Une Microsporidie nouvelle à sporontes épineux.* Note de M. **Louis Léger**, présentée par M. Henneguy.

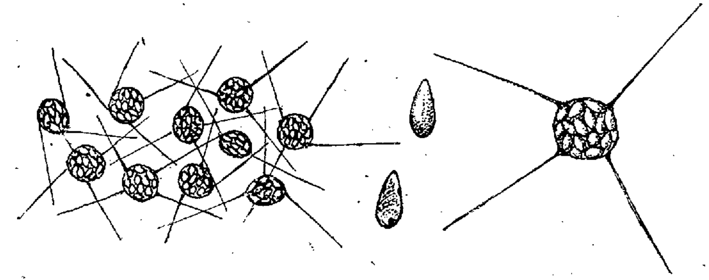
Chez toutes les Microsporidies actuellement connues, le sporonte mûr est d'une extrême simplicité de forme et de structure. C'est un corps massif ordinairement sphérique ou ovoïde groupant un nombre de spores qui varie selon les genres, sous une enveloppe lisse, rarement épaisse et colorable comme dans *Thelohania Giraudi,* le plus souvent très mince et comme moulée à la surface des spores périphériques, parfois même totalement invisible et pour ainsi dire virtuelle. Jamais cette paroi ne montre de particularités morphologiques susceptibles d'imprimer un caractère spécifique quelconque; c'est pourquoi elle a été jusqu'ici laissée complètement de côté en temps que valeur systématique.

Il n'en est pas de même chez une Microsporidie que je vais décrire et dont le sporonte est orné de longs prolongements aciculés régulièrement disposés. Une particularité si singulière nous engage à distinguer cette Microsporidie sous un nom générique nouveau. Comme par ailleurs ses pansporoblastes donnent typiquement 16 spores, groupement qui caractérise le genre *Duboscqia* Pérez, nous la rapprocherons de ce genre en la désignant sous le nom de *Trichoduboscqia*.

Description : *Trichoduboscqia epeori* n. g. n. sp. Cette Microsporidie parasite les larves d'*Epeorus* et de *Rhitrogena* (Éphémérides), hôtes habituels des torrents de haute montagne, dans le massif de Belledonne, près Grenoble. Dans le torrent du Domenon, 10 pour 100 des larves

étaient atteintes en mars 1926 au début de la fonte des basses neiges. Chez *Rhitrogena* elles se reconnaissent à la présence d'une masse crayeuse visible par transparence sur la face ventrale et représentant le parasite ayant envahi le corps graisseux. Chez *Epeorus* le parasite semble plus diffus, mais, par places, de petites masses ovoïdes saillantes très blanches indiquent des localisations massives de la Microsporidie.

Une fois libérée sur le porte-objet, la masse parasitaire se résout facilement en une infinité de petits sporontes sphériques de 9 à 10$^{\mu}$ de diamètre renfermant, pour la plupart, 16 spores étroitement tassées. Chaque sporonte est hérissé de 4 prolongements en aiguilles, transparents et effilés de 20 à 22$^{\mu}$ de long, fort difficiles à voir sur le vivant, mais que des colorations massives mettent en évidence. Ces prolongements se montrent le plus



Trichoduboscqia epeori. — A gauche : amas de sporontes mûrs libérés dans l'eau, × 500. Au milieu : spore *in vivo* et spore colorée au fer, × 2000. A droite : sporonte mûr, × 1000.

souvent disposés en croix et insérés sur le même équateur; mais ils ne s'étendent pas dans ce même plan équatorial. Deux d'entre eux, opposés, divergent dans la direction d'un pôle, les deux autres en sens contraire. Cette disposition est du reste fort difficile à définir et paraît être variable. Certains sporontes n'ont que 3 aiguilles et ne renferment que 12 spores. Beaucoup plus rarement, de petits sporontes ovoïdes n'ont que 8 spores et 2 aiguilles. Cependant le nombre des aiguilles qui ne dépasse jamais 4 n'est pas toujours en rapport direct avec celui des spores, et, en conséquence, avec la taille du sporonte.

Lorsque les sporontes sont étroitement tassés, formant les masses parasitaires qui se substituent au corps graisseux, leurs prolongements peuvent être recourbés et se redressent en aiguilles rigides lorsque ceux-ci sont libérés dans l'eau. En réalité ces aiguilles sont des prolongements creux de la paroi du sporonte, partout ailleurs extrêmement mince et invisible, tandis que leur base allongée au point d'insertion apparaît légèrement colorable.

Les spores du type ovoïde acuminé, en pépin de raisin, ont de 3$^{\mu}$,5

à 4^{μ} de long et ne montrent pas de vacuole sur le vivant. Des colorations appropriées montrent le noyau du germe à leur base renflée et, vers le sommet, de chaque côté, deux points colorables, peut-être les noyaux valvaires. Je n'ai pas réussi à dévaginer le filament dont on devine les spires serrées à l'intérieur de la spore au-dessus du germe.

Je n'ai pu suivre encore en détail les diverses phases de la sporogonie, mais je puis dire que les prolongements aciculés du sporonte sont déjà formés alors que les spores sont à peine individualisées à son intérieur.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Du rôle joué par les hyménoptères dans l'infection de* Galleria mellonella. Note de MM. **S. Metalnikov** et **V. Chorine**, présentée par M. Roux.

Nous avons déjà signalé, dans une de nos précédentes Communications, l'existence d'épidémies chez la mite des abeilles (*Galleria mell.*).

Un heureux hasard nous a fourni dernièrement la possibilité d'étudier une nouvelle épidémie chez ces insectes. Depuis quelque temps nous avions remarqué que nos cultures de *Galleria* étaient malades. Nous trouvions souvent dans les gâteaux de cire, des chenilles et des chrysalides mortes, mais c'étaient toujours des individus isolés. Ce n'est qu'au mois de janvier 1926 que la maladie prit un caractère épidémique.

Un jour, dans l'une de nos plus riches cultures, nous avons trouvé toutes les chenilles mortes ou mourantes. Ayant prélevé du sang sur les cadavres et sur les malades, nous avons pu voir sur les frottis colorés un grand nombre de bâtonnets allongés associés à des diplocoques et à des staphylocoques.

Des ensemencements sur bouillon et sur gélose nous ont donné des cultures très abondantes composées de trois microbes. Nous avons réussi à séparer ces microbes et nous avons obtenu des cultures pures : un bâtonnet très épais et allongé, un diplocoque et un staphylocoque (tous Gram positif). Nous donnerons plus tard la description de ces intéressants microbes.

En injectant ces microbes — tous trois à la fois ou chacun d'eux isolément — aux chenilles, nous avons vu que tous trois, surtout les bâtonnets, sont très virulents pour elles. Les bâtonnets injectés même en dose minime, donnent la mort aux chenilles en quelques heures. Cependant tous nos efforts pour propager la maladie par des voies naturelles (ingestion, contact

avec le cadavre, etc.) n'ont pas donné de résultat. En ajoutant aux aliments des émulsions très épaisses de ces microbes nous n'avons pas pu reproduire la maladie chez les chenilles. Notre attention fut alors attirée par des petits insectes que nous avions quelquefois remarqués dans les cultures infectées. Ce sont des hyménoptères, très petits ($1^{mm},5$ de long), noirs, ayant des ailes transparentes. Nous en avons pris une dizaine et les avons placés dans un bocal avec plusieurs chenilles bien portantes : 24-48 heures plus tard, toutes les chenilles étaient mortes.

Nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois, toujours avec le même résultat. C'est ainsi que nous avons pu constater que la maladie des chenilles leur est transmise par cet intéressant insecte. Grâce à l'obligeance du Professeur Picard qui a bien voulu nous aider à le déterminer, nous avons appris que ce petit insecte porte le nom de *Dibrachys boucheanus* Ratzb. C'est un parasite, et le plus polyphage que l'on puisse rencontrer, car il a été obtenu d'une foule d'hôtes appartenant aux Lépidoptères, aux Hyménoptères, aux Coléoptères, etc.

Si l'on met plusieurs *Dibrachys* avec des chenilles de *Galleria* dans une boîte de Pétri, on les voit se poser sur le dos des chenilles et les piquer avec leur tarière. Ils piquent aussi les chrysalides à travers le cocon. Après avoir piqué, ils lèchent le sang qui sort des blessures qu'ils ont causées.

Les chenilles meurent de 24 à 48 heures après avoir été piquées. C'est alors que les femelles *Dibrachys* déposent sur les téguments de la chenille morte de petits œufs transparents. Trois à quatre jours plus tard apparaissent de petites larves qui commencent à sucer le cadavre. Ces larves, au bout d'une semaine, se transforment en petites chrysalides qui se détachent de la chenille morte.

Les chrysalides restent tranquilles pendant une dizaine de jours (à la température de 30°), après quoi apparaissent les insectes adultes.

Ainsi donc, le cycle évolutif de *Dibrachys boucheanus* se trouve accompli à peu près en 20 jours

M. **Jean Boccardi** adresse une Note intitulée : *Sur la courbe d'interpolation*.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *E. Tisserand* présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Jean Charcot**.
En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique.	MM. **Charles Achard**, **Paul Helbronner**, **Louis Martin**, **Henri Pottevin**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1925.)

Note de M. *R. de Mallemann*, Sur le calcul de la constante de Verdet dans la théorie moléculaire :

Page 1140, formules (0) et (1) donnant Λ, *au lieu de* v, *lire* ν; formule (2), *au lieu de*

$$15,82.10^{-7}\,\frac{M}{d}\,\frac{(n-1)^2}{n},$$

lire

$$15,82.10^{-7}\,\frac{M}{d}\,\frac{(n^2-1)^2}{n}.$$

(Séance du 8 février 1926.)

Note de MM. *Albert Portevin* et *François Le Chatelier*, Sur quelques propriétés physiques des alliages de magnésium ultra-légers :

Page 382, 7[e] colonne du tableau en bas de la page,

	Si.		Si.
au lieu de	"	*lire*	0,0024
	"		0,28
	5		1,5

(Séance du 8 mars 1926.)

Note de M. *A. Lacroix*, La systématique des roches leucitiques; les types de la famille syénitique :

Page 598, ligne 4 (en remontant), *au lieu de* de plagioclase, *lire* d'orthose.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Dr **Fehr**, Doyen de la Faculté des sciences de l'Université de Genève, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Perturbation magnétique du 5 mars* 1926 *et perturbations des premiers mois de l'année.* Note de M. **H. Deslandres.**

J'ai déjà signalé dans deux Notes précédentes (1) les orages magnétiques des 26 janvier et 9 mars 1926, relevés à l'Observatoire de Meudon et accompagnés d'une aurore boréale visible en France. Or le même phénomène double a eu lieu aussi le 5 mars 1926, soit 4 jours avant le 9 mars, et à peu près à la même heure, entre 18^h et 21^h. Quelques personnes autour de moi avaient bien remarqué le 5 mars au soir un éclat inusité du ciel au Nord; mais leurs explications étaient confuses. Or la semaine dernière j'ai reçu de province deux lettres envoyées par M. Fernand Bacheley, à Grainville (Eure), et par M. Guillaume Desjonquères à Neauphlette (Seine-et-Oise), qui ont observé nettement le 5 mars de $19^h 50^m$ à $20^h 15^m$ des lueurs aurorales. Les descriptions sont nettes et concordantes, et l'apparition d'une aurore n'est pas douteuse.

Au même moment les appareils magnétiques de l'Observatoire enregistraient un orage caractérisé par une forte déviation de l'aiguille aimantée à $18^h 24^m$, et resté notable jusqu'à 22^h. L'aurore et l'orage magné-

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296 et 669.

tique peuvent être rapportées à un beau groupe de petites taches (latitude — 26°) qui a passé le méridien central le 3 mars, à 18^h, et est accompagnée d'une belle plage faculaire et de filaments.

Les aurores boréales visibles dans notre pays sont donc plus fréquentes qu'à l'ordinaire. Le Soleil offre, il est vrai, en ce moment, un magnifique développement de taches, de facules ou plages faculaires, de filaments noirs et de protubérances. Si l'on s'organisait spécialement pour reconnaître en France les aurores polaires, et dans une station bien appropriée, leur nombre serait certainement augmenté.

Comme je l'ai remarqué dans la Note précédente du 15 mars, on a distingué dans le Soleil des régions privilégiées (représentées par leur longitude moyenne) qui, pendant plusieurs mois, à leur passage au méridien central, sont accompagnées d'un trouble de nos aimants. Autrement dit, les intervalles de temps entre les orages sont des multiples de la durée R de rotation synodique de l'astre; les orages rapprochés par cette relation simple forment une série naturelle.

Les deux orages magnétiques des 26 janvier et 9 mars appartiennent à deux séries différentes, et même j'ai noté que les régions du Soleil correspondantes sont diamétralement opposées. En effet l'intervalle de 42 jours qui les sépare est voisin de $3/2$R.

D'autre part les orages des 5 et 9 mars ont un intervalle voisin de $R/6$. J'ai examiné alors au même point de vue tous les orages bien nets, au nombre de 7, des trois premiers mois de l'année [1], à savoir les orages des 13, 18, 22 et 26 janvier, du 23 février, des 5 et 9 mars, et j'ai noté en particulier les heures de la première déviation en général brusque et forte ou de la déviation la plus forte. On trouve, en prenant comme origine du temps la déviation du 13 janvier à $21^h 20^m$, que les autres perturbations surviennent à des intervalles qui, à de faibles différences près, sont égaux à $R/6$, $2R/6$, $3R/6$, $9R/6$, $11R/6$ et $12R/6$.

La distribution de ces orages dans le temps est régulière seulement d'une façon approchée; il y a des écarts en plus ou en moins entre les heures observées et calculées, et qui se compensent. La moyenne des écarts pris en valeur absolue est de 8 heures, la période $R/6$ étant égale à $4^j 13^h 20^m$.

---

(1) J'ai rapproché seulement les perturbations ayant le caractère bien net d'un orage; on aurait pu augmenter le nombre des coïncidences en faisant intervenir les crochets isolés. D'ailleurs, là où, d'après la loi posée, on peut s'attendre à un orage, la courbe montre parfois une agitation continue sans crochets bien saillants.

Dans le même intervalle de temps, la distribution des régions actives dans l'espace sur la sphère solaire doit être similaire et donc rattachée à la symétrie de l'hexagone régulier ou de deux triangles équilatéraux croisés [1]. Les régions actives sont probablement les taches et facules, qui, d'ailleurs, d'après les études antérieures, au moment de l'orage magnétique, n'occupent pas le méridien central, mais l'ont déjà dépassé en moyenne depuis 45 heures. Ce décalage est aisément explicable, comme je l'ai montré en 1910, par la courbure imposée aux jets corpusculaires par le champ magnétique solaire extérieur. La distribution des régions actives sur le Soleil sera examinée spécialement dans une Note ultérieure.

Une distribution simple des orages magnétiques est signalée ici sur deux rotations entières de l'astre au début de l'année 1926. Il reste à rechercher si elle s'étend aux rotations voisines et si elle est générale.

La Note actuelle est seulement préliminaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie du four à cuve.* Note [2] de M. **Henry Le Chatelier.**

Schématiquement, un four à cuve est essentiellement constitué par un cylindre vertical, au sommet duquel arrive constamment la matière solide à élaborer, tandis que les gaz chauds entrent d'une façon également continue par le bas. La théorie de ces appareils a pour objet essentiel la détermination de la température à laquelle sortent, au bas, les matières élaborées et, au sommet, les gaz brûlés. Je me suis proposé d'étudier ce problème en séparant complètement, ce que l'on ne semble pas avoir fait jusqu'ici, la loi élémentaire du phénomène et les perturbations occasionnées par les résistances passives, qui s'opposent aux échanges de chaleur.

Soient P, C, T et p, c, t les masses, chaleurs spécifiques et températures des solides et des gaz. Il s'agit de déterminer les températures T_1 et t_0 de sortie des matières chauffées et des fumées, puis la répartition des températures à l'intérieur du four.

La loi de conservation de l'énergie appliquée entre l'état initial : matières arrivant au four aux températures T_0 et t_1 et l'état final : matières sortant

---

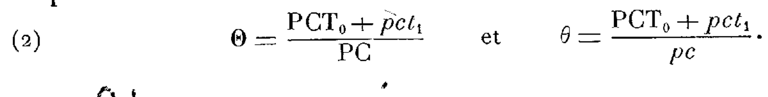
[1] Souvent les taches supposées actives sont alternativement boréales et australes; on aurait alors deux triangles croisés à la place d'un hexagone.

[2] Séance du 15 mars 1926.

du four aux températures T_1 et t_0 donne la relation

$$\frac{T_0}{\Theta} + \frac{t_1}{\theta} = 1 \qquad (1)$$

en posant



$$\Theta = \frac{PCT_0 + pct_1}{PC} \quad \text{et} \quad \theta = \frac{PCT_0 + pct_1}{pc}. \qquad (2)$$

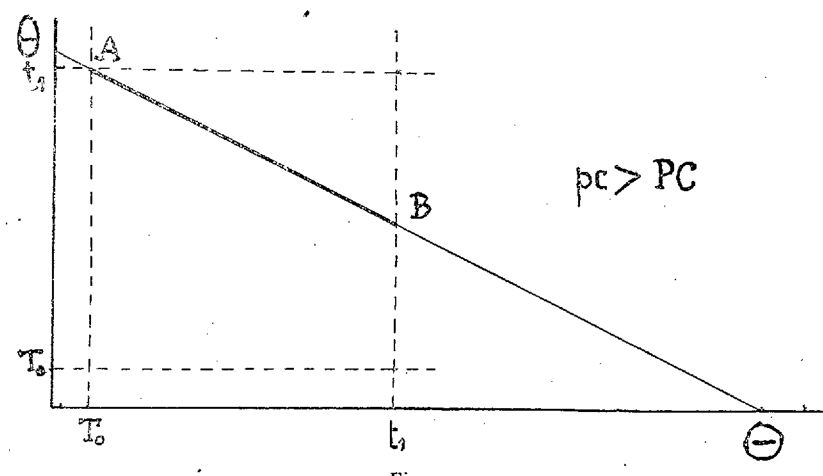


Fig. 1.

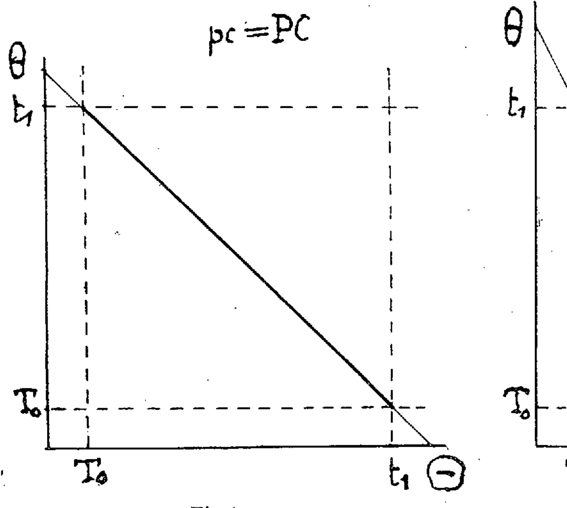


Fig. 2.

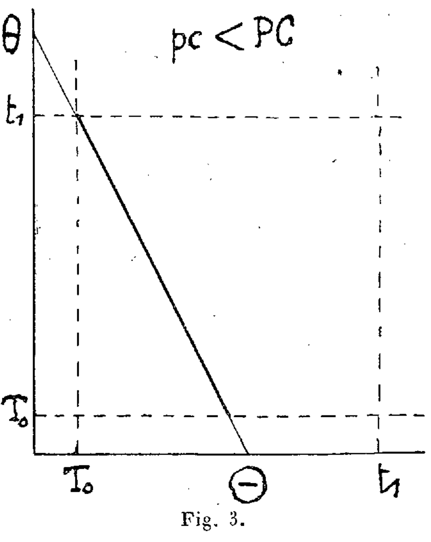


Fig. 3.

L'équation (1) est celle d'une droite coupant les axes de coordonnées aux points Θ et θ. Les couples de températures correspondant à chaque point de cette droite satisfont au principe de conservation de l'énergie (*fig.* 1, 2, 3).

Une seconde loi, celle des échanges de chaleur, nous enseigne que jamais la chaleur ne peut passer directement, c'est-à-dire par rayonnement, conductibilité ou convection, d'un corps plus froid à un corps plus chaud. Dans aucun cas, les solides et les gaz sortant du four ne pourront tomber à une température inférieure à celle du corps le plus froid, ni s'élever à une température supérieure à celle du corps le plus chaud. Cela entraîne les conditions supplémentaires que T_1 et t_0 doivent être plus petits que t_1 et plus grands que T_0.

En traçant les quatre coordonnées correspondant aux deux valeurs t_1 et T_0, on limitera la partie utile de la droite au segment AB compris à l'intérieur du carré formé par les quatre coordonnées.

Pour achever la détermination des températures de sortie des matières, il faut faire intervenir une troisième loi, celle de dissipation de l'énergie. Dans toute transformation spontanée de la matière, s'effectuant indépendamment de toute résistance passive, le système arrive finalement à l'état correspondant à la plus grande dépense de puissance motrice, d'énergie utilisable compatible avec les liaisons, par conséquent à l'état possédant la moindre réserve de puissance motrice. Pour évaluer cette puissance résiduelle après passage des corps par le four, on fera retomber leur chaleur par voie réversible, au moyen d'un cycle de Carnot, sur un milieu à température fixe, la glace fondante, par exemple.

On trouve tous calculs faits l'expression

$$(3)\quad (PCT_1 + pct_0) + 273[PC \log(T_1 + 273) + pc \operatorname{Log}(t_0 + 273)] - (PC + pc) \operatorname{Log} 273.$$

Cherchons comment cette expression varie lorsque le point figuratif de T_1 et t_0 se déplace le long de la droite AB. Pour cela différencions l'expression ci-dessus, en tenant compte de la relation (2) exprimant la loi de conservation de l'énergie. Il vient, tous calculs faits

$$(4)\qquad 273 \times pc \frac{1}{t_0 + 273} - \frac{1}{T_1 + 273} dt_0] < 0.$$

La parenthèse est positive, parce que T_1 est toujours plus grand que t_0. Par conséquent la puissance résiduelle diminuera avec dt_0, c'est-à-dire que l'état définitivement stable correspondra au point le plus bas de la droite, au point B.

Or suivant les valeurs relatives de Θ et θ, c'est-à-dire de PC et pc, le point B se trouve tantôt sur l'ordonnée t_1, tantôt sur l'abscisse T_0. On trouve finalement les valeurs suivantes des températures de sortie des matières et des gaz, T_1 et t_0.

Cas de :

	$pc > PC.$	$pc = PC.$	$pc < PC.$
(5)	$T_1 = t_1$	$T_1 = t_1$	$T_1 = t_1 \dfrac{PC - pc}{PC}$
	$t_0 = T_0 + \dfrac{pc - PC}{pc}(t_1 - T_0)$	$t_0 = T_0$	$t_0 = T_0$

Dans le premier cas, correspondant à une chaleur spécifique du courant gazeux supérieure à celle du courant solide, les matières solides chauffées sortent à la température d'arrivée des gaz et, dans le troisième cas, correspondant à une chaleur spécifique supérieure des matières solides, les gaz sortent en haut du four à la température d'arrivée des matières froides.

Cherchons maintenant la loi de répartition des températures du haut en bas du four. Pour cela considérons les quantités de matières traversant simultanément et en sens inverse une même section horizontale du four. La loi de conservation de l'énergie nous donne la relation

$$PC\,dT = pc\,dt.$$

Mais comme les échanges de température entre les deux courants de matière sont supposés instantanés, les variations de température des deux courants sont égales et de signe contraire. Elles doivent donc être nulles, pour que l'égalité ci-dessus se vérifie au moins dans le cas général où les chaleurs spécifiques des deux courants pc et PC sont différentes. C'est-à-dire que la température est uniforme sur toute la hauteur du four, les échanges de chaleur se faisant seulement dans la tranche inférieure ou supérieure.

Pour déterminer cette température uniforme, nous appliquerons encore le principe de conservation entre une tranche centrale et les matières prises en dehors du four, soit avant leur entrée, soit après leur sortie.

	Haut du four.	Bas du four.
(6)	$PC(T - T_0) = pc(t - t_0)$	$PC(T_1 - T) = pc(t_1 - T)$

Dans le cas où $T_0 = t_0$, correspondant à $pc < PC$, la première équation ne peut être vérifiée que pour une valeur nulle de la parenthèse, soit $T = T_0 = t_0$, c'est-à-dire que sur toute la hauteur la température du four sera égale à celle des matières froides arrivant au sommet du four.

Dans le cas où $T_1 = t_1$, correspondant à $pc > PC$, la température T du four sera partout la même qu'au bas, c'est-à-dire que le four sera chaud sur toute sa hauteur.

Enfin, dans le cas intermédiaire correspondant à l'égalité des chaleurs spécifiques des deux courants de matières, le régime sera indéterminé, la

chaleur pourra sauter irrégulièrement du bas au haut du four, sous l'influence des plus légères perturbations de l'allure.

Ces différences conséquences déduites rigoureusement des lois de l'Énergétique donnent la solution complète du problème posé. On objectera peut-être, comme on l'a fait parfois aux lois de la mécanique chimique, que ces théories s'appliquent seulement à des cas irréels. Dans les phénomènes naturels, les résistances passives modifient toujours considérablement les déductions basées sur la réversibilité. Il est cependant intéressant de séparer, dans l'étude des faits, les divers points de vue qu'ils comportent. On n'oppose pas aux calculs de la mécanique rationnelle l'existence du frottement et de la viscosité, mais on tient compte après coup des lois expérimentales de ces résistances. De même, dans l'étude des fours, il y a lieu de tenir compte des résistances passives, mais cela doit être fait dans une seconde étape.

PHOTOMÉTRIE. — *Mesure du rendement photométrique des appareils optiques (objectifs, lunettes, etc.).* Note de M. André Blondel.

L'emploi d'un luxmètre (1) en combinaison avec une petite sphère diffusante intégratrice de flux (lumenmètre) de 15 à 20^{cm} de diamètre, blanchie intérieurement et munie de deux petites ouvertures permet, comme on va le voir, de déterminer photométriquement le rendement d'une lunette ou d'un appareil analogue. Il suffit, en effet, de mesurer le flux qui traverse l'appareil optique et de le comparer ensuite au flux lumineux incident sur le même appareil; le rapport des deux donne le coefficient de rendement photométrique.

Par exemple, soit à étudier une lunette, ayant un objectif O et un oculaire X; on place l'oculaire ou plutôt l'œilleton qui le termine, dans le plan d'une des ouvertures formée par une petite calotte diffusante en carton bristol percé seulement d'un trou de diamètre légèrement supérieur à celui de l'œilleton; l'axe de la lunette étant dirigé suivant un diamètre de la sphère passant par l'axe de l'ouverture. Sur cet axe, à une distance suffisante pour une bonne collimation, on dispose un collimateur ayant à son foyer une source de lumière, ponctuelle, telle qu'une petite lampe à incandescence à filament bouclé, ou mieux la petite boule brillante d'une lampe « Pointolite » de 100 à 200 bougies, et l'on concentre ses rayons sur l'objectif O par le collimateur qui les rend parallèles.

(1) On peut utiliser notamment pour cet usage le petit photomètre portatif que j'ai récemment décrit.

Le flux lumineux ainsi reçu par l'objectif traverse la lunette et pénètre dans la sphère par l'œilleton X (celui-ci doit être plus large que l'anneau oculaire quand la lunette présente un anneau oculaire); il y produit un certain éclairement, dont on prend la mesure à l'aide du luxmètre, visant soit une petite fenêtre diffusante, soit préférablement une plage de la paroi intérieure de la sphère.

Ensuite on enlève la lunette et l'on rapproche solidairement, sur l'axe optique, le collimateur et la lampe à incandescence, jusqu'à ce que la lentille collimatrice soit au contact de l'ouverture qu'on réduit au même diamètre que celui de l'objectif. Le flux lumineux qui pénètre dans la sphère est alors exactement le même que celui qui pénétrait précédemment dans la lunette. Il faut avoir soin d'employer une source de lumière très concentrée parce que, faute de cette précaution, la lumière pénétrant par l'objectif de la lunette dans la première mesure, pourrait être trop divergente et donner lieu à des réflexions intérieures augmentant en apparence le rendement flux de la lunette, ou à des diaphragmations par des diaphragmes intérieurs. Dans tous les cas, il faudra placer entre le collimateur et l'objectif un diaphragme percé d'un orifice circulaire limitant le faisceau incident à un diamètre un peu plus petit que la limite imposée au faisceau utilisé par les diaphragmes intérieurs.

L'éclairement qu'on peut obtenir par ce procédé est suffisant pour permettre une mesure photométrique. Par exemple, si l'on emploie une lampe Pointolite de 100 bougies, placée à $0^{m},33$ de la lentille collimatrice éclairant un objectif de 10 à 20^{cm^2} de surface utile, l'éclairement sur l'objectif sera de 100 milliphots, le flux reçu par l'objectif, de 1 à 2 lumens; avec une absorption de 50 pour 100, il se réduit à 0,5 ou 1 lumen dans la sphère; si celle-ci a un diamètre de $0^{m},20$ correspondant à une surface de $0^{m^2},126$ et une absorption de 20 pour 100, l'éclairement atteindra 3 à 6 lux; pour de plus petits appareils à étudier, on peut réduire encore plus le diamètre de la sphère.

Pour l'étude des microscopes, le collimateur à rayons parallèles devra être remplacé par un condenseur formant le foyer conjugué de la source de lumière au foyer de l'objectif, et il faudra avoir soin de limiter par un diagramme placé près du condenseur le faisceau de lumière incidente au cône des rayons incidents qui peuvent sortir entièrement de l'oculaire.

Plus simplement, on peut mesurer successivement le rendement de l'objectif et de l'oculaire.

Pour étudier le rendement photométrique d'un objectif photographique, on peut obtenir une sensibilité aussi grande qu'on veut, en remplaçant le

photomètre par une glace photographique, disposée à une certaine distance fixe d'une ouverture d'observation; en faisant deux photographies (ou deux groupes de photographies) avec poses de longueur égale dans les deux opérations successives exposées plus haut, on peut, par comparaison des teintes obtenues, connaître le coefficient d'absorption actinique de l'appareil optique.

On peut, d'ailleurs, au moyen d'un châssis à fente, réaliser pour chaque mesure, une échelle de teintes par des durées de poses progressives.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les radiogrammes des cristaux mixtes.* Note [1] de M. G. FRIEDEL.

Les cristaux mixtes obtenus par syncristallisation isomorphe fournissent par diffraction des rayons X des radiogrammes qui ne diffèrent pas de ceux que donnerait un cristal simple de paramètre moyen. Ed. Friedel a montré qu'il en est de même pour les corps smectiques. Il semble que l'unanimité se soit faite parmi les physiciens pour admettre comme évidente l'interprétation suivante : le cristal mixte serait, comme le cristal pur, régi par une période strictement définie, moyenne entre celles des cristaux purs constituants; dans cet édifice, géométriquement périodique, il y aurait substitution irrégulière d'un élément à un autre.

Une telle conception est en contradiction avec le fait bien établi que le placement des atomes dans le cristal dépend à peu près uniquement des atomes immédiatement voisins, pratiquement pas de ceux qui sont distants d'un nombre même petit de paramètres. La proportion des constituants d'un mixte étant variable d'une manière continue, on ne peut douter qu'elle soit une simple proportion statistique moyenne, et dans le détail très variable d'un point à l'autre. Dès lors, dans un domaine de quelques paramètres où existent seuls les éléments du corps A, le paramètre ne peut être que celui du corps A; ailleurs, celui du corps B; entre deux, des paramètres intermédiaires en nombre fini, correspondant au nombre fini des dispositions possibles des atomes A et B immédiatement autour de l'un d'eux. Un paramètre moyen constant ne pourrait s'établir que si le placement d'un atome dépendait des atomes lointains, compris dans une sphère d'action d'un grand nombre de paramètres de rayon, ce qui n'est certainement pas.

---

[1] Séance du 15 mars 1926.

La même objection est plus frappante encore pour les corps smectiques. S'il est vrai que l'équidistance de leurs plans soit égale à la longueur de la molécule, comment imaginer que des mélanges d'azoxybenzoate d'éthyle, d'équidistance a, et d'azoxycinnamate d'éthyle, d'équidistance b, montrent une équidistance moyenne, c'est-à-dire une longueur de molécule moyenne? Cela n'a aucun sens.

En fait, le réseau à paramètre unique et constant ne s'impose pas. Il est beaucoup plus probable que *c'est l'optique des rayons X qui fait apparaître, dans les radiogrammes des mixtes, cette période moyenne*, et non pas la structure du cristal.

Un centre atomique O étant pris pour origine, les coordonnées d'un autre analogue $P(pqr)$ seraient, dans le cristal pur, pa, qb, rc, abc étant les paramètres et pqr des entiers quelconques. Dans le mixte, ces coordonnées seront de la forme Σla, Σmb, Σmc avec $\Sigma l = p$, $\Sigma m = q$, $\Sigma n = r$. a, b, c sont les paramètres du corps A pur; a', b', c' ceux du corps B pur; a'', b'', c'', ... les paramètres intermédiaires possibles, en nombre fini. Dans une portion macroscopiquement homogène du mixte, chacun de ces paramètres existe en une proportion définie α, β, γ, α', β', ..., avec $\Sigma\alpha = 1$, $\Sigma\beta = 1$, $\Sigma\gamma = 1$. Si une telle structure est réalisée, et si la longueur moyenne du train d'ondes régulier des rayons X est assez grande pour que les proportions moyennes α, α', β, β', ... restent constantes dans l'étendue où l'interférence est possible, il n'est pas douteux que le cristal mixte devra donner, en ce qui concerne les *directions* des maxima de diffraction, exactement le même radiogramme qu'un cristal pur dont les paramètres seraient $\Sigma\alpha a$, $\Sigma\beta b$, $\Sigma\gamma c$.

Pour une valeur donnée de p, la probabilité de l'existence, dans ces p paramètres, de l paramètres a, l' paramètres a', etc. est

$$\frac{p!}{l!\,l'!\ldots}\alpha^{l}\alpha'^{l'}\ldots$$

Dès que p n'est pas très petit, cette probabilité est très faible pour toutes les combinaisons où l'un ou l'autre des paramètres aa' ... domine, pratiquement nulle pour celles où l'un de ces paramètres existe seul. Elle offre au contraire un très grand maximum pour la combinaison pour laquelle

$$l : l' : l'' : \ldots = \alpha : \alpha' : \alpha'' : \ldots,$$

ce qui fait apparaître comme très dominant le paramètre moyen

$$\alpha a + \alpha' a' + \ldots$$

et disparaître les paramètres *aa'* ... des corps purs. Par suite, contrairement à ce que l'on a admis pour évident, les radiogrammes des corps purs n'ont aucune raison d'apparaître dans le radiogramme du mixte, et la seule périodicité qui puisse y apparaître est celle qui répond au paramètre moyen $\Sigma \alpha a$.

Sur l'intensité et la netteté de définition de ce radiogramme moyen, il est plus difficile de se prononcer *a priori*. Mais ce qui est certain, c'est que, si dans le radiogramme une périodicité apparaît, et l'expérience montre qu'il en est ainsi, cette périodicité ne peut être que celle qui correspond au paramètre moyen.

On remarquera que si cette explication des radiogrammes purs de cristaux mixtes est exacte, elle est aussi valable pour les cristaux pseudo-paramorphes. J'entends par pseudo-paramorphisme la constitution d'un cristal en apparence homogène par des macles répétées d'éléments submicroscopiques. Parmi les faits de la cristallographie que l'analyse des structures au moyen des rayons X semble avoir fait reléguer dans l'oubli, figure au premier rang l'existence de tels édifices, de tout point comparables aux cristaux mixtes. *Une macle*, ainsi que Mallard l'a montré le premier (et l'idée a été, depuis, généralisée et étendue à tous les types de macles) *n'est que le mélange isomorphe, le produit de la syncristallisation de plusieurs orientations d'un même cristal homogène*. Lorsque les éléments maclés deviennent assez fins pour n'être plus discernés, un tel mélange est constitué exactement comme le mixte envisagé ci-dessus. Comme lui, il doit donner un radiogramme qui, en ce qui concerne les *directions* des maxima de diffraction, ne diffère pas de celui d'un cristal homogène. Tel est le cas du quartz. De ce que le quartz donne des radiogrammes de corps pur, on a conclu sans autre examen que les vues anciennes de Mallard, Michel-Lévy, etc., sur la structure pseudo-paramorphe de cette espèce étaient à rejeter, et l'on a cherché à donner au quartz des structures simples rendant compte de la symétrie par la seule répartition de quelques atomes dans la maille. On y est parvenu sans difficulté, mais d'une manière bien probablement illusoire, quant à l'interprétation des *directions* de diffraction. Mais en ce qui concerne les *intensités*, aucune des hypothèses proposées n'est conforme aux faits. Ce qui précède explique pourquoi il en est ainsi. La contradiction que l'on a cru voir entre l'analyse radiographique et les nombreux faits anciens sur lesquels est basée la notion de la structure de l'édifice mixte ou pseudo-paramorphe est due simplement à une interprétation erronée de l'optique des rayons X. Elle n'exige nullement que l'on

abandonne ni ces faits ni cette notion, qui restent aussi valables que jamais.

Il y a là, on le voit, une sérieuse limitation de la puissance de pénétration de l'analyse radiographique. Dans tous les cas où l'on a affaire à des corps pouvant être soupçonnés de contenir soit des mélanges isomorphes, soit surtout des structures pseudo-paramorphes, il sera nécessaire d'apporter à la discussion des radiogrammes beaucoup plus de précautions que l'on n'en a pris jusqu'à présent.

ZOOLOGIE. — *Description d'un Tardigrade nouveau de la faune française.* Note [1] de M. **L. Cuénot.**

Parmi les Tardigrades terrestres qui habitent les Hépatiques, Mousses et Lichens, il y a deux séries d'espèces assurément indépendantes l'une de l'autre : la série des *Echiniscus-Pseudechiniscus*, tous revêtus d'une armure de plaques dorsales, et celle des *Macrobiotus-Diphascon-Milnesium*, à mince cuticule, rarement épaissie par places ; de nombreuses différences dans les appendices céphaliques, les stylets et le bulbe œsophagien, les griffes des pattes, achèvent de les séparer. Les *Echiniscus* sont certainement apparentés aux Tardigrades marins, tous non cuirassés, puisqu'ils présentent comme eux des papilles et des cirres céphaliques; une espèce terrestre, l'*Oreella mollis*, trouvée par J. Murray (1910) dans une Mousse d'Australie, possède aussi de nombreux caractères d'*Echiniscus*, mais s'en distingue par l'absence complète d'armure, la cuticule étant seulement « papilleuse » sur la face dorsale.

J'ai trouvé en France une autre forme terrestre, très intéressante parce qu'elle montre un début de cuirassement; elle réalise un nouveau stade de l'orthogénèse probable qui, partant des formes nues (espèces marines et *Oreella*), aboutit aux *Echinisci* terrestres couverts de plaques.

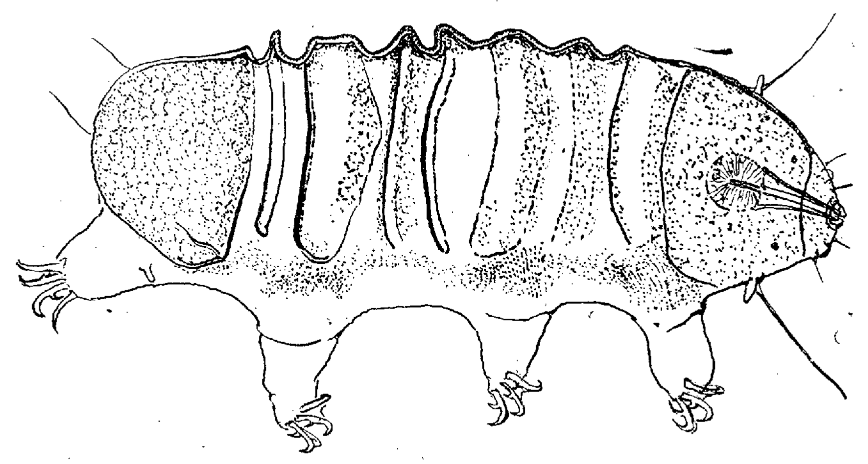
Voici la description technique de ce Tardigrade :

Animal incolore ou grisâtre, assez transparent pour laisser voir le tube digestif, souvent jaunâtre, et l'ovaire brunâtre; la longueur maximum du corps, non compris les pieds postérieurs, est de 200^{μ}. Sur la tête, deux petites taches oculaires noires, et les mêmes appendices que chez les *Echinisci* : de chaque côté de la bouche, deux petits cirres et entre eux une grosse papille arrondie; un peu en dessous des yeux, s'insère de chaque côté du corps une longue soie raide, portant à sa base une papille allongée ou auricule (cette soie est ce que l'on est convenu d'appeler chez les Tardi-

(1) Séance du 15 mars 1926.

grades le filament A). La cuticule dorsale est fortement épaissie; quand l'animal se présente de profil, elle dessine une série de crêtes, à sommet arrondi ou en plateau, qui, dans la vue de face, correspondent à des plaques assez mal définies, séparées par des creux, ce qui donne vaguement un aspect de Chiton au Tardigrade; ces plaques sont plus saillantes ou mieux dessinées en arrière qu'en avant. La plaque terminale est arrondie en arrière, tandis que chez *Oreella* le corps se termine par un court processus médian. La cuticule présente une sculpture, qui paraît assez grossière sur la plaque terminale, et qui se résout ailleurs en très fines ponctuations, bien visibles sur la grande plaque post-céphalique; ces ponctuations se retrouvent aussi sur les flancs de l'animal, particulièrement au-dessus des attaches des pieds.

L'armature buccale et le bulbe œsophagien sont identiques à ceux des *Echinisci*, de même que les quatre griffes des pieds; les deux griffes internes portent du côté concave un fort éperon bien courbe; à la base du pied I, il y a un très petit piquant difficile à voir, et à la base du pied IV, une papille (comme chez *Echiniscus*); pas de collerette dentée sur les pieds IV.



Parechiniscus chitonides n. g. n. sp.

J'ai trouvé une ponte de 2 œufs ovoïdes, de 50^{μ} de grand axe, enfermés dans la mue de l'animal; j'ai vu une larve à 2 griffes, de 102^{μ} de long; à partir de 140μ les Tardigrades ont atteint leur état définitif et ont tous 4 griffes à chaque pied.

Ce Tardigrade, nettement intermédiaire entre l'*Oreella* nu et les *Echinisci* cuirassés, sera le type d'un nouveau genre *Parechiniscus*, dont le nom rappellera la parenté; je lui donnerai le nom spécifique de *chitonides*, en raison de l'épaississement cuticulaire de la face dorsale. J'ai rencontré ce Tardigrade dans des Mousses variées (*Barbula*, *Orthotrichum*, *Schistidium*, *Grimmia*, *Neckera*) et dans des Lichens du groupe des Collémacées, poussant sur des rochers secs et des troncs d'arbres et provenant de deux groupes de stations assez éloignées, Barrois et plateau de Langres d'une part, Ardèche et Ventoux (à 1 000^{m} d'altitude) d'autre part.

M. **P. Appell**, en présentant à l'Académie [1] le tome V de son *Traité de Mécanique rationnelle*, imprimé chez Gauthier-Villars, et un volume sur *H. Poincaré*, qu'il a publié dans la collection *Nobles vies et grandes œuvres*, s'exprime comme il suit :

Le Tome V est destiné à former la première partie d'une étude de la Mécanique de la relativité ; il condense, sans pénétrer encore dans le domaine relativiste, les notions mathématiques qui sont à la base de toute étude de cette théorie. Ces notions ont, du reste, un champ d'applications beaucoup plus vaste et quand même, ce que nous ne pensons pas, la théorie de la relativité perdrait toute importance physique, il lui resterait néanmoins le mérite d'avoir créé un important courant d'idées et d'avoir contribué à une sorte de renaissance de la Géométrie à laquelle elle a ouvert une voie nouvelle. L'instrument mathématique qui est l'objet de l'Ouvrage est le *Calcul tensoriel*. A part quelques additions et quelques modifications, les matières traitées dans ce volume ont fait l'objet d'un cours professé par M. **Thiry** en 1922 à l'Université de Strasbourg ; il faut en excepter le premier et le dernier Chapitre qui encadrent en quelque sorte le reste et qui sont inspirés de la rédaction d'un cours de notre confrère M. Émile Borel, faite par un de ses auditeurs, M. H. Mineur. Je tiens à remercier tout particulièrement M. Thiry pour sa savante collaboration. Je veux également remercier du point de vue typographique, l'imprimerie Gauthier-Villars, dont l'éloge n'est plus à faire.

Quant au volume sur notre illustre Confrère H. Poincaré, il est un ouvrage destiné à la jeunesse. Aux souvenirs personnels qui, étant données les conditions de notre vie côte à côte, s'offraient à moi en grand nombre, j'ai pu joindre d'autres témoignages sur cette belle existence entièrement consacrée à la science, à la patrie et à la famille.

M. **d'Ocagne** [1] offre à l'Académie le texte imprimé d'une Conférence sur *Les procédés de simplification du calcul dérivés de la Mécanique et de la Géométrie*, qu'il a faite l'an passé à Rome, sur l'invitation de l'Académie pontificale des *Nuovi Lincei*.

---

(1) Séance du 15 mars 1926.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. *E. Tisserand* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 66,

M. Jean Charcot	obtient.	51	suffrages
M. Paul Helbronner	»	11	»
M. Charles Achard	»	3	»
M. Louis Martin	»	1	suffrage

M. **Jean Charcot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Extraits des *Mémoires de* Lavoisier *concernant la Météorologie et l'Aéronautique*. Extraits publiés par les soins de l'Office national Météorologique de France.

2° *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet*, par M. Georges Bouligand. Fascicule XI du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. E. Goursat.)

ANALYSIS SITUS. — *Les réseaux unicursaux et bicursaux.* Note (1) de M. **A. Sainte-Laguë**, présentée, par M. Émile Borel.

Considérons un réseau cubique, c'est-à-dire dont tous les sommets soient de degré 3, sans isthme, ni chemin multiple et géographique, deux chemins ne pouvant se recouper. D'après le théorème de Petersen on peut séparer

(1) Séance du 15 mars 1926.

les chemins en deux catégories, comprenant des chemins rouges ou R et bleus ou B, de telle façon que tout sommet soit R, B, B.

On peut y tracer des chaînes alternatives RB RB RB ... issues d'un sommet M, le premier chemin étant le chemin R qui en part, et dont tous les chemins soient orientés, avec une origine et une extrémité. Les chemins sont unicursaux (B_1, R_1) lorsqu'ils peuvent être parcourus dans un seul sens et bicursaux (B_2, R_2) dans le cas contraire.

De façon analogue à ce que l'on fait dans les démonstrations du théorème de Petersen, on peut classer les sommets en plusieurs types : (a) : $R_1B_2B_2$; (b) : $R_2B_2B_2$; (c) : $R_2B_2B_1$; (d) et (e) : $R_1B_1B_1$, le sommet considéré étant l'extrémité de R dans (d) et l'origine dans (e) : (f) : R_1B_1B; (g) : RBB; (h) représentant le sommet M dans l'hypothèse où aucun chemin n'y retournerait. Le type (h), qui intervient ici, ne joue aucun rôle dans la démonstration du théorème de Petersen. Nous désignerons par a, b, c, d, e, f, g, h, le nombre des sommets des divers types.

Tout sommet du réseau est atteint par une chaîne alternative de M. — Pour établir cette propriété on met 2 à chaque origine R, — 2 à chaque extrémité R et de même 1 et — 1 pour B. En écrivant que la somme des coefficients est nulle, on a

$$c - 2a + f + 2h = 0.$$

En recommençant avec seulement les coefficients 1 et — 1 pour B,

$$c + 2d - 2e - f = 0.$$

Cherchons maintenant s'il y a des réseaux (ρ) dont tous les chemins soient bicursaux, ses sommets étant des types (a), (b), (c). On verra qu'il n'y a qu'un sommet (a) pour chacun de ses réseaux et au moins deux sommets (c). Donc $c \geq 2a$ d'où l'on déduit

$$c = 2a, \quad f = 0, \quad h = 0, \quad e = a + d,$$

la nullité de f entraîne celle de g, car tout sommet (g) ne peut être relié au reste du réseau que par un sommet (f); la propriété est ainsi justifiée. La nullité de h montre aussi que : *il y a une chaîne alternative qui revient en* M.

Bornons-nous maintenant à des réseaux de puissance 4, c'est-à-dire ne pouvant être séparés en deux parties reliées par moins de quatre chemins. Ce sont les seuls qu'il y ait à considérer dans le *problème des quatre couleurs*. Les réseaux (ρ) qui précèdent n'existent pas ici, car, puisque $c = 2a$, ils

seraient reliés au reste du réseau par un chemin pour (a) et deux pour (c) ce qui donne la puissance 3. Donc : *dans un réseau cubique géographique de puissance 4 tous les chemins sont unicursaux, ou ils sont tous bicursaux à l'exception de trois issus d'un même sommet.* Dans le premier cas le réseau est dit *unicursal,* dans le second *bicursal.*

L'étude du problème des quatre couleurs est ainsi scindée en deux, mais comme nous allons le voir, le premier cas est facile à étudier de façon complète. Il en résulte donc pour le cas irréductible, dont nous ne parlerons pas plus longuement ici, la propriété nouvelle de la bicursalité.

Dans un réseau unicursal tous les chemins alternatifs qui vont d'un sommet à un autre comprennent des nombres de chemins qui ont la même parité, car on verra que s'il n'en était pas ainsi, en comparant deux circuits et défalquant les parties communes, on arriverait à une absurdité. On en déduit encore : *un réseau unicursal est bipartie,* les sommets pouvant être partagés en deux catégories telles qu'aucun chemin ne joint deux sommets de même catégorie.

Si l'on remarque enfin que tout réseau géographique peut être associé par une transformation, analogue à celle des polaires réciproques, à un réseau réciproque, tout sommet de l'un étant en quelque sorte centre d'une face de l'autre, on voit que : *tout réseau unicursal est coloriable en deux couleurs.*

Parmi les réseaux géographiques biparties, et en supprimant la restriction d'être cubiques, on peut considérer les réseaux *losangés* dont toutes les faces sont des quadrilatères. Ils ont diverses propriétés que nous nous bornerons à énumérer :

Dans un réseau losangé le nombre des arêtes est double de celui des faces, dans chacune des deux catégories de sommets. Les sommets de degré impair sont en nombre pair. Si dans un réseau losangé les sommets d'une même catégorie sont de même degré, ce degré est inférieur ou égal à 6.

Cette dernière propriété permet de dresser la liste complète de tous les réseaux losangés dans lesquels, et pour chacune des deux catégories de sommets, le degré est le même. On associe pour cela au réseau losangé un réseau dérivé formé de tous les sommets d'une même catégorie joints deux à deux par les diagonales correspondantes des faces. Il y a ainsi deux réseaux dérivés. Pour les réseaux losangés qui précèdent, les réseaux dérivés ont des sommets de même degré ce qui les ramène a être homéomorphes à un polyèdre régulier.

On trouve ainsi que les tétraèdres sont dérivés du cube ce qui ne donne

aucun réseau nouveau. Le cube et l'octaèdre dérivent d'un même réseau nouveau qui a 12 sommets, 14 faces et 24 arêtes. Le dodécaèdre et l'isocaèdre dérivent d'un second et dernier réseau nouveau qui a 30 sommets, 32 faces et 62 arêtes.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la géométrie différentielle des espaces euclidiens et à courbure constante.* Note [1] de M. E. **Grynaeus**, présentée par M. Hadamard.

V_n désignera une variété riemannienne, S_n une V_n à courbure constante, R_n une V_n à courbure nulle. Cherchant les transformées géodésiques d'une R_n rapportée à un système de coordonnées cartésiennes (orthogonales ou obliques), on est amené à déterminer des variétés V_n qui peuvent être rapportées à un système de coordonnées tel que

$$\left\{ {ij \atop k} \right\} = A_i^k p_j + A_j^k p_i, \tag{1}$$

p_i étant vecteur gradient, la transformation devant conserver les volumes [2]. D'après Beltrami ces V_n sont des S_n [3]. K_0 étant leur moyenne courbure, leur élément linéaire est

$$d\sigma^2 = \frac{1}{2K_0}\left(\frac{1}{s}\frac{\partial^2 s}{\partial x^i\,\partial x^k} - \frac{1}{2s^2}\frac{\partial s}{\partial x^i}\frac{\partial s}{\partial x^k}\right) dx^i\,dx^k, \tag{2}$$

s étant solution du système d'équations aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^3 s}{\partial x^i\,\partial x^k\,\partial x^l} = 0 \qquad (i,\ k,\ l = 1\ldots n). \tag{3}$$

donc $s = \sum_1^n {}^{ik}\, a_{ik} x^i x^k + \sum_1^n {}^i\, a_{in+1}\, x^i + a_{n+1\,n+1}$ (le déterminant $|a_{ik}| \neq 0$ pour que le tenseur fondamental soit de rang n). Pour que $d\sigma^2$ soit définie positive, le mineur $A_{n+1\,n+1} \neq 0$, à une transformation linéaire près, $s = a^2 - \sum_1^n {}^i (x^i)^2$ et alors S_n est rapporté à un système de coordonnées de

---

(1) Séance du 8 février 1926.

(2) Cf. J.-A. Schoulen, *Der Ricci-Kalkül*, Springer, 1924, p. 129 et 203.

(3) Cf. T. Beltrami, *Sulla teorica generale dei parametri differenziali* (*Mem. Acc. Bologna*, 2e série, 8, p. 551-590; *Op. mat.*, II, p. 74-118; *Annali di Mat.*, 2e série, 2, p. 232-245; *Op. mat.*, I, p. 406).

Beltrami :

$$(4)\qquad d\sigma^2 = \mathring{R}^2 \left\{ \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{s+(x^i)^2}{s^2}(dx^i)^2 + \sum_{1\ldots n}^{i,k\,i}{}_{ik} \frac{x^i x^k}{s^2} dx^i dx^k \right\} \qquad K_0 = -\frac{1}{R^2}.$$

Les relations (1) peuvent être interprétées : 1° comme conditions nécessaires et suffisantes pour que chaque variété linéaire $V_{n-n}(k=1\ldots n-1)$ d'une V_n soit géodésique; 2° comme conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une V_n soit projective. On est amené ainsi à établir les formules de la géométrie différentielle d'un espace projectif. En se servant de ces formules, comme la notion d'une V_n projective comprend les R_n rapportées à un système de coordonnées cartésiennes (obliques ou orthogonales) et les S_n rapportées à un système de coordonnées de Beltrami, on parvient à établir les formules de la géométrie différentielle des hypersurfaces et des systèmes orthogonaux des R_n et des S_n. Ces formules sont les suivantes : les systèmes de coordonnées dans une R_n et S_n étant fixées comme il a été dit, le second tenseur fondamental d'une V_{n-1} dont l'équation est $f(x^1\ldots x^n)=0$ est

$$(5)\qquad h_{ik} = C B_{ik}^{mn} \Pi_{mn},$$

Π_i, Π_{ik}, ... désignant les dérivées premières, secondes, ... de $f(x^1\ldots x^n)$ par rapport à x^i, x^k, ..., et C la valeur réciproque de la grandeur du vecteur Π_i, Les équations aux dérivées partielles des hypersurfaces minima et à courbure nulle dans les R_n et S_n sont respectivement :

$$(6)\qquad g'^{ik}\Pi_{ik} = 0$$

$$(7)\qquad g'^{in} g'^{km} \Pi_{[i[m}\Pi_{k]n]}$$

g'^{ik} désignant le tenseur fondamental de la V_{n-1}, dont la courbure relative est

$$(8)\qquad \mathcal{K}_r = \frac{C^2}{\binom{n}{2}} g'^{in} g'^{km} \Pi_{[i[m}\Pi_{k]n]}.$$

Dans une S_z (6) et (7) deviennent respectivement

$$(9)\qquad (1+q^2)r - 2pqs + (1+p^2)t = -\left(\frac{\partial\sqrt{\sigma}}{\partial y}\right)^2 r + 2\frac{\partial\sqrt{\sigma}}{\partial x}\frac{\partial\sqrt{\sigma}}{\partial y}s - \left(\frac{\partial\sqrt{\sigma}}{\partial x}\right)^2 t$$

$$\sigma = a^2 - x^2 - y^2 - z^2,$$

$$(10)\qquad rt - s^2 = 0.$$

Pour qu'une famille de V_{n-1} dont le second tenseur fondamental a ses

directions principales uniquement déterminées soit membre d'un système orthogonal, il faut et il suffit que dans une R_n et S_n on ait

$$(11) \qquad \begin{cases} i_a^i\, i_b^k\,(i_n^l\, \Pi_{lki} - 2C\, i_n^r\, i_n^s\, \Pi_{ri}\, \Pi_{sk}) = 0 & (a, b, \neq), \\ i_a^i\, i_b^k\, i_c^l\, \Pi_{lki} = 0 & (a, b, c \neq). \end{cases}$$

$i_a^k\,(a = 1 \ldots n-1)$ désignant les congruences orthogonales canoniques de i_n^k; la première équation est équivalente à

$$(12) \qquad i_a^k\, i_b^l\, \nabla_k \nabla_l C = 0,$$

équation covariante due à M. Darboux pour une R_n, à MM. Schouten et Struik pour une S_n (1).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la géométrie conforme des surfaces.* Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Goursat.

Soient h et k les deux *sphères de courbure normale principales* d'une surface. Elles fournissent deux transformations infinitésimales Uf, Vf invariantes : Uf, par exemple, correspond au déplacement le long de la ligne de courbure correspondant à h, réglé de manière que la *vitesse angulaire* de k soit égale à 1. On a, pour les coordonnées u, v des lignes de courbure,

$$(1) \qquad Uf = \frac{1}{\sqrt{E}(K-H)}\frac{\partial f}{\partial u}, \qquad Vf = \frac{1}{\sqrt{G}(H-K)}\frac{\partial f}{\partial v},$$

le ds^2 étant $E\,du^2 + G\,dv^2$, et H et K étant les courbures normales principales. Le crochet

$$(2) \qquad (Uf, Vf) = I\,Vf - J\,Uf,$$

introduit les invariants de M. Tresse.

Pour le déplacement infinitésimal $Uf.dt$, l'angle de h avec la sphère

---

(1) Cf. G. Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux* (Gauthier-Villars, 1898, p. 168). — J.-A. Schouten en D.-J. Struik, *Over n-voudig orthogonale stelsels van (n — 1) dimensionale uitgebrisdhenen in een algemeene uitgebrisdheid van n-afmetreigen. Versl. Kon. Akad. v. Wetenschappen*, Amsterdam, 28, 1919, p. 458. En anglais : *On n-tuple orthogonal systems of (n — 1) dimensional manifolds in a general manifold of n dimensions* (*Proc. Kon. Akad. v. Wetenschappen*, Amsterdam, 22, 1919, p. 690).

infiniment voisine, de même définition, est $\frac{i}{2\sqrt{3}}\,\mathrm{I}\,dt^2$, et le rapport anharmonique de ces deux sphères, de k et de la sphère — point qui a pour centre le point courant de la surface est — I dt.

Les sphères *dérivées* de h et k, respectivement, dans les directions v et u sont les *sphères de courbure géodésique principales* h_1 et k_1. Ceci est connu; mais, de plus, les sphères dérivées analogues h_2 et k_2 de h_1 et k_1 forment avec elles un tétrasphère orthogonal. La sphère l orthogonale à h_1, k_1, h_2, k_2 passe par les cercles communs respectivement à h et h_2, k et k_2. On a ainsi un pentasphère orthogonal covariant II.

Les variations Uf et Vf de II font intervenir les invariants

$$\text{(3)}\qquad \mathrm{I}_1 = \mathrm{V}(\mathrm{I}) - 2\mathrm{IJ}, \qquad \mathrm{J}_1 = \mathrm{U}(\mathrm{J}) - 2\mathrm{IJ},$$

et les vitesses angulaires correspondantes B et A de k_1 et h_1. On a

$$\mathrm{A}^2 + \mathrm{B}^2 = 1.$$

Pour Uf, par exemple, trois des *rotations* de II sont nulles, et les autres sont, en désignant h_1, k_1, h_2, k_2, l par x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, et le coefficient de $x_\alpha \frac{\partial f}{\partial x_\beta} - x_\beta \frac{\partial f}{\partial x_\alpha}$ par $[\alpha, \beta]$,

$$[3, 1] = \frac{\mathrm{I}_1}{\mathrm{A}}, \qquad [1, 4] = \frac{\mathrm{I}_1}{\mathrm{B}}, \qquad [5, 1] = \frac{i\mathrm{I}_1}{\mathrm{AB}}, \qquad [4, 2] = \mathrm{B},$$

$$[3, 4] = \frac{\mathrm{U(A)} - \mathrm{IA}}{\mathrm{B}}, \qquad [5, 3] = r''\frac{\mathrm{U(A)} - \mathrm{IA}}{\mathrm{AB}}, \qquad [5, 4] = r''\frac{\mathrm{U(A)}}{\mathrm{B}r}.$$

Soient $\overline{\mathrm{U}}f$, $\overline{\mathrm{V}}f$ les prolongements de Uf, Vf, relatifs aux vecteurs (unitaires) h_1, k_1, h_2, k_2, l, que l'on obtient ainsi. En écrivant pour eux l'identité (2), on a les seules conditions d'intégrabilité

$$\text{(5)}\qquad \mathrm{V(U)} - 2\mathrm{IC} - \mathrm{I}_2 = 0, \qquad \mathrm{V(C)} - 2\mathcal{J}\mathrm{C} + \mathcal{J}_2 = 0,$$
$$(2\mathrm{G} = \mathrm{A}^2 - \mathrm{B}^2, \qquad \mathrm{I}_2 = 2\mathrm{V}(\mathrm{I}_1) - 2\mathcal{J}\mathrm{I}_1 + \mathrm{I}, \qquad \mathcal{J}_2 = 2\mathrm{U}(\mathcal{J}_1) - 2\mathrm{I}\mathfrak{J} + \mathcal{J}).$$

On en déduit la condition nouvelle

$$\text{(6)}\qquad (\mathcal{J}_1 - \mathrm{I}_1)\mathrm{C} = \mathrm{U}(\mathcal{J}_2) + \mathrm{V}(\mathrm{I}_2) - 3\mathrm{I}\mathcal{J}_2 - 3\mathfrak{J}\mathrm{I}_2,$$

qui donne, pour $\mathfrak{J}_1 = \mathrm{I}_1$, l'équation des surfaces isothermiques (1).

Ce cas écarté, (6) donne C, d'où A et B. Les rotations II s'expriment

(1) Les principes de la théorie conforme des surfaces ont été présentés sous une autre forme, et par une tout autre méthode, par M. Thomsen, dans sa Thèse (Hambourg, 1923). Les équations (5) et (6) s'y trouvent, et le cas $\mathfrak{J}_1 = \mathrm{I}_1$ y est examiné.

ainsi en fonction des seuls coefficients $\Phi = \sqrt{\mathrm{E}}(\mathrm{K} - \mathrm{H})$, $\Psi = \sqrt{\mathrm{G}}(\mathrm{H} - \mathrm{K})$ des transformations (1) et de leurs dérivées. On définit donc une famille de surfaces, équivalentes au point de vue conforme, en se donnant Φ et Ψ en fonction u et v.

On devra intégrer $\overline{\mathrm{U}} - f = 0$, $\overline{\mathrm{V}} - f = 0$, c'est-à-dire un système de Lie ayant pour associé le groupe orthogonal à cinq variables; cela donnera h_1, k_1, h_2, k_2, l et l'on aura ensuite

$$(7) \qquad h = -\frac{1}{\mathrm{A}}(h_2 + i\mathrm{B}l), \qquad k = -\frac{1}{\mathrm{B}}(k_2 = i\mathrm{A}l), \qquad m = k - k,$$

où m est le vecteur qui représente le point de la surface.

Les fonctions Φ et Ψ satisfont au système de deux équations aux dérivées partielles du quatrième ordre obtenu par l'élimination de C entre (6) et (5). C'est de ce système que dépend la représentation générale des surfaces au moyen des paramètres de leurs lignes de courbure.

Les mêmes formules fournissent la détermination intrinsèque (conforme) des surfaces. Si, par exemple, I et $\mathfrak{J}$ sont supposés indépendants, on se donnera U(I), V(I), U($\mathfrak{J}$), V($\mathfrak{J}$) en fonction de I et $\mathfrak{J}$ et l'on achèvera de même [1].

Les résultats précédents s'appliquent aussi au problème qui consiste à reconnaître si cinq solutions z_k d'une équation de Laplace, convenablement choisies, satisfont à $\Sigma z_k^2 = 0$, et à les trouver alors. On a ici l'équation de Laplace, canonique pour ce problème,

$$(8) \qquad m''_{uv} + \mathfrak{J}\Psi m'_u + \mathrm{I}\Phi m'_u + (\mathrm{I}_1 + \mathfrak{J}_1 + 2\mathrm{I}\mathfrak{J})\Phi\Psi m = 0\,;$$

ses invariants, au sens de Darboux, sont $\mathrm{I}_1\Phi\Psi$ et $\mathfrak{J}_1\Phi\Psi$. Les transformées de Laplace de m sont h_1 et k_1. L'équation adjointe de (8) admet 1 pour solution.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nature analytique et prolongement des solutions des équations non linéaires des types elliptique et parabolique à m variables.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

1. Le procédé que j'ai indiqué dans une Note toute récente [2], pour résoudre des problèmes aux limites sans fonctions de Green, permet de

(1) D'autres conditions d'intégrabilité interviennent alors, pour les quatre fonctions données.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 36.

préciser et d'étendre les résultats obtenus antérieurement et concernant les propriétés analytiques des solutions des équations aux dérivées partielles (¹).

Soit d'abord une équation *du second ordre à m variables*, que nous écrirons

$$F(x_i, z, p_i, p_{ik}) = 0 \qquad \left(p_{ik} = \frac{\partial^2 z}{\partial x_i \, \partial x_k}\right),$$

les indices i, k prenant les valeurs 1, ..., m. Nous appellerons *solutions régulières* celles qui sont continues ainsi que leurs dérivées premières et les dérivées secondes figurant dans l'équation. Nous dirons de plus qu'une fonction $f(\mathrm{P})$ d'un point P $(x_1, \ldots, x_m)$ satisfait à la *condition* Δ quand son accroissement $f(\mathrm{P}') - f(\mathrm{P})$ est d'ordre non nul par rapport à PP'.

Cela posé, nous serons conduits à envisager *sous le nom de solutions* (R_Δ), celles qui sont régulières et telles que les dérivées $\mathrm{F}'_{p_{ik}}$ deviennent, lorsqu'on y remplace z et ses dérivées par leurs valeurs, des fonctions composées des x_i satisfaisant à la condition Δ (on peut même restreindre certaines de ces conditions).

2. Nous nous proposons d'étudier la *classe* des solutions (R_Δ) et par suite l'allure de leurs dérivées successives : nous employons pour cela *la méthode des domaines successifs*, comme nous l'avons fait pour deux variables. Toutes les dérivées de z sont solutions d'équations linéaires et déterminées par leurs valeurs sur les frontières des domaines successifs (²) : *la question de l'unicité se pose donc d'abord.*

Supposons l'équation *du type elliptique* : la forme $\Sigma \mathrm{F}'_{p_{ik}} \mathrm{X}_i \mathrm{X}_k$ est alors *définie* (ainsi qu'au n° 3) dans un domaine de variation $\mathfrak{D}$ des arguments de F, où F admet des dérivées premières en z, p_i. Dans ces conditions, toute solution (R_Δ) prenant des valeurs données sur la frontière S_{m-1} d'un domaine D_m à m dimensions, assez petit et faisant partie de $\mathfrak{D}$, *est unique*. Le problème se ramène au cas d'une solution d'une équation linéaire s'annulant sur S_{m-1} ; en désignant par $\Sigma a_{ik} p_{ik}$ ses termes du second ordre, on met une telle équation sous la forme

$$\Sigma a_{ik}(\mathrm{P}_0)\, p_{ik} = \Sigma[a_{ik}(\mathrm{P}_0) - a_{ik}(\mathrm{P})]\, p_{ik} + \ldots,$$

(¹) Voir, par exemple, ma Note des *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1652, que j'appellerai *Note* A. Cf. aussi Georges Giraud, *ibid.*, 173, 1921, p. 543 ; 174, 1922, p. 853 ; 180, 1925, p. 413 et 562.

(²) Un tel problème aux limites se traite par la méthode indiquée au n° 3, p. 37 du présent volume.

de sorte que les coefficients du premier membre sont constants : on peut alors le ramener à la forme Δz et montrer que z n'a ni maximum ni minimum ; ou bien, si les coefficients satisfont à Δ, l'application de la formule fondamentale montre, par voie de récurrence, que $z P_0$ est $< kq^n$, quel que soit n ($q < 1$ pour D_m assez petit). L'unicité est vraie aussi pour les *problèmes mixtes*.

3. L'unicité étant établie, la méthode des domaines successifs, basée sur l'allure des dérivées au bord (1), permet d'établir que, *si dans* $\mathcal{D}$ *la fonction* F *est de classe* α_1 *en* $x_1, \ldots, \alpha_p$ *en* x_p, *avec* $p \leqq m$, *et de classe* γ *en* z, p_i, p_{ik} (les α étant $\geqq 1$ et γ le plus petit des α), *toute solution* (R_Δ) *appartenant à* $\mathcal{D}$ *est de classe* α_1 *en* $x_1, \ldots, \alpha_p$ *en* x_p.

En particulier, quand F est *analytique* en $x_1, \ldots, x_p$, z, p_i, p_{ik}, la solution z est aussi analytique en $x_1, \ldots, x_p$. Si $p = m$, la condition à imposer à une solution régulière z pour qu'elle soit analytique en $x_1, \ldots, x_m$ est simplement que les dérivées secondes figurant dans les $F'_{p_{ik}}$ *satisfassent à* Δ ; et, pour que z soit *prolongeable* au delà d'une portion R_{m-1} de S_{m-1}, *il faut et il suffit que* z *soit analytique sur* R_{m-1}.

4. Dans le cas du *type parabolique* $F(x_i, y, z, p_i, p_{ik}, q) = 0$, $F'_q \neq 0$ satisfaisant à Δ comme fonction composée $\left(q = \frac{\partial z}{\partial y}\right)$, le théorème du n° 3 est encore vrai pour les $m + 1$ variables x_i, y, *à la condition que la classe* β *en* y *soit* $\geqq 2$. Toutefois on pourra supposer $1 \leqq \beta < 2$ si l'on envisage z dans un domaine limité par une frontière C_m cylindrique (à m dimensions) ayant ses génératrices parallèles à Oy, mais en supposant z *de classe* β *en* y *sur* C_m. En particulier, si F est complètement analytique et si la solution z est analytique en y sur C_m, elle sera *analytique* en x_i, y *à l'intérieur de* C_m : elle sera même *prolongeable* au delà d'une portion R_m de C_m, si elle est *complètement analytique sur* R_m.

5. La résolution des problèmes aux limites sans fonctions de Green s'étend aux équations *d'ordre* $2p$ *à deux variables*, en utilisant une *fonction auxiliaire* analogue à celle que nous avons formée antérieurement (2). On démontre ainsi pour toute solution (R_Δ) le théorème que nous avions énoncé dans la *Note A*.

(1) Voir *Annales de l'École Normale*, 35, 1918, p. 129.
(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 573, équation (4).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions harmoniques presque-périodiques.* Note [1] de M. **J. Favard**, présentée par M. Hadamard.

M. H. Bohr [2] a créé la théorie des fonctions continues presque-périodiques d'une variable et des fonctions analytiques presque-périodiques d'une variable complexe. Nous nous proposons d'exposer ici quelques résultats sur les *fonctions harmoniques presque-périodiques*.

1. Une fonction harmonique $u(x, y)$ définie dans une bande $a<x<b$ sera dite presque-périodique dans cette bande si, à tout $\varepsilon>0$ donné, mais aussi petit que l'on veut, on peut faire correspondre une longueur $l(\varepsilon)$ telle que tout segment de longueur l sur l'axe des y contienne au moins une presque-période η relative à ε, c'est-à-dire que l'on ait dans toute la bande

$$|u(x, y+\eta)-u(x, y)|\leqq\varepsilon.$$

Toute fonction harmonique presque-périodique dans $a<n<b$ y est bornée, ses dérivées sont presque-périodiques dans toute bande intérieure. Si une fonction harmonique bornée dans $a<x<b$ est presque-périodique dans une bande intérieure, elle est presque-périodique dans toute la bande.

Toute fonction harmonique presque-périodique dans une bande y est susceptible d'un développement de la forme ($\lambda_n>0$)

$$u(x, y)\sim kx+l+\sum_{n=1}^{\infty}[(A_n^+e^{\lambda_n x}+A_n^-e^{-\lambda_n x})\cos\lambda_n y+(B_n^+e^{\lambda_n x}+B_n^-e^{-\lambda_n x})\sin\lambda_n y],$$

qui donne lieu à un théorème d'unicité et à un théorème d'approximation.

Si, sur les deux droites $x=a$ et $x=b$ on donne deux fonctions presque-périodiques réelles de y, alors il existe une fonction harmonique bornée dans $a\leqq x\leqq b$ qui se réduit à ces deux fonctions aux limites de la bande et qui est presque-périodique.

Une fonction harmonique presque-périodique n'est pas nécessairement la partie réelle d'une fonction analytique presque-périodique même lorsque son développement ne contient pas de termes en n. Il en est ainsi, cependant, lorsque les nombres λ_n n'ont pas zéro pour une de leurs limites.

2. Si, sur l'axe des y, on donne une fonction presque-périodique

---

[1] Séance du 15 mars 1926.

[2] *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 737 et 1090; **180**, 1925, p. 645. — *Acta Mathematica*, **45**, 1924, p. 29-127; **46**, 1925, p. 101-124.

réelle $f(y)$: la fonction harmonique dans le demi-plan $x > 0$ qui tend vers $f(y)$ lorsque x tend vers zéro et est bornée dans tout ce demi-plan y est aussi presque-périodique et son développement est de la forme

$$u(x, y) \sim c + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n e^{-\lambda_n x} \cos \lambda_n y + B_n e^{-\lambda_n x} \sin \lambda_n y) \qquad (\lambda_n > 0).$$

C'est une conséquence de l'intégrale de Poisson ou, aussi, du théorème sur l'approximation des fonctions presque-périodiques d'une variable par des polynomes trigonométriques et d'une propriété de convexité de la borne supérieure du module des fonctions harmoniques bornées sur toute droite parallèle à l'axe des y et signalée par M. Walther [1].

Une fonction conjuguée $v(x, y)$ de u n'est pas nécessairement presque-périodique pour $x > 0$; si elle l'est, elle a un développement conjugué de celui de u. Nous appelons fonction conjuguée de f la limite (supposée existante) de $v(x, y)$ lorsque x tend vers zéro : même lorsque cette limite est continue, elle n'est pas nécessairement presque-périodique, mais si elle l'est elle a le développement conjugué de celui de f.

On a cependant le théorème suivant : *Si*

$$f(y) \sim c + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \lambda n y + B_n \sin \lambda n y),$$

satisfait à une condition de Lipschitz et si $f(y) - c$ a une intégrale donnée, et par suite, aussi presque-périodique, $g(y)$ est aussi presque-périodique

$$g(y) \sim C + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \sin \lambda_n y - B_n \cos \lambda_n y).$$

3. La théorie des fonctions harmoniques presque-périodiques de 3 variables peut être envisagée de deux différents points de vue, selon que l'on considère les fonctions presque-périodiques par rapport à une seule variable z ou par rapport à deux d'entre elles (x et y).

Les premières sont définies dans un cylindre à génératrices parallèles à l'axe des z et sont susceptibles d'un développement de la forme

$$A_0(x, y) + \sum_{n=1}^{\infty} [A_{\lambda_n}(x, y) \cos \lambda_n z - B_{\lambda_n}(x, y) \sin \lambda_n z] \qquad (\lambda_n > 0),$$

avec

$$\Delta A_0 = 0; \qquad \Delta A_{\lambda_n} = \lambda_n^2 A_{\lambda_n}; \qquad \Delta B_{\lambda_n} = \lambda_n^2 B_{\lambda_n},$$

(1) *Zeitschr. für angewandte Mathematik und Mechanik*, 2, 1922, p. 69.

Les autres sont définies dans une bande comprise entre deux plans parallèles à celui des xy et sont susceptibles de développements de la forme (λ_m et μ_n réels)

$$kz + e + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} (A_{m,n}^{+} e^{\nu_{m,n} z} + A_{m,n}^{-} e^{-\nu_{m,n} z}) e^{i(\lambda_m x + \mu_n y)} \qquad (\nu_{m,n} = \sqrt{\lambda_m^2 + \mu_n^2}).$$

On obtient aussi, pour chacun de ces points de vue, un théorème d'unicité et un théorème d'approximation; ce dernier permet de résoudre certains problèmes aux limites analogues à ceux dont nous avons parlé pour les fonctions de deux variables.

ÉLASTICITÉ. — *Torsion d'un cylindre creux dont la section droite est limitée par deux cercles excentriques.* Note de MM. **Boris Grinberg** et **Maurice Paschoud**, présentée par M. Boussinesq.

1. En 1871 déjà, dans son Mémoire du *Journal de Mathématiques*, M. Boussinesq a montré que, pour résoudre le problème de la torsion d'un cylindre *creux*, il faut trouver une fonction $\varphi(y, z)$ qui, en chacun des points (y, z) de la section matérielle du cylindre, vérifie l'équation indéfinie $\Delta_2\varphi$ égale une constante négative $(-2G\theta)$, où G est le coefficient d'élasticité de glissement et θ l'angle unitaire de torsion, et qui de plus prenne des valeurs *constantes et différentes l'une de l'autre*, sur les contours extérieur et intérieur limitant la section droite du cylindre donné.

Ainsi posé, comme M. Boussinesq l'a indiqué dans le même Mémoire, le problème de la torsion est identique à celui des températures stationnaires dans le cylindre creux en question, supposé athermane, homogène et isotrope, problème qui a été traité dans toute sa généralité par Lamé dans ses *Leçons sur les coordonnées curvilignes*.

Il nous a paru intéressant, en utilisant les coordonnées bicirculaires α et β de Lamé, ainsi que certaines indications de Mathieu, de développer, pour le cas où la section du cylindre est limitée par deux cercles *excentriques*, le calcul au point de vue spécial de la torsion.

2. Soient E et I les valeurs de α qui correspondent respectivement aux cercles limites extérieur et intérieur, de rayons R et r, et d l'excentricité de ces cercles. On obtient pour φ, a étant la constante utilisée par Lamé dans la définition de ses coordonnées bicirculaires

$$\left[a = \frac{1}{2d}\sqrt{(R^2 - r^2)^2 + d^2(d^2 - 2r^2 - 2R^2)}\right],$$

l'expression

$$\varphi = G\theta a^2 \frac{\coth I \operatorname{sh}\alpha - \operatorname{ch}\alpha}{\operatorname{ch}\alpha - \cos\beta} + G\theta ad\left[1 + 2\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-nE} \operatorname{sh} n(I-\alpha)}{\operatorname{sh} n(I-E)} \cos n\beta\right].$$

Cette fonction s'annule sur le contour extérieur $\alpha = E$. Elle prend, sur le contour intérieur $\alpha = I$, la valeur constante $G\theta ad$, dont l'expression, en fonction des constantes qui interviennent dans le problème, est ainsi d'une simplicité remarquable.

3. Si l'on étend au cas d'un cylindre creux l'analogie hydrodynamique de la torsion due à M. Boussinesq, la fonction φ exprime la vitesse permanente des divers filets d'un liquide qui remplirait un tube ayant pour section la section considérée, le mouillerait sur tout son contour extérieur et prendrait, sur le contour intérieur, une vitesse constante égale à

$$\frac{\rho g I}{2\varepsilon} ad,$$

ρ étant la densité du liquide, I la pente motrice, ε le coefficient de frottement intérieur et g l'accélération de la pesanteur.

Il peut alors se présenter deux cas très différents. Dans l'un, les courbes d'égale vitesse, $\varphi =$ constante, entourent, toutes, celle de ces courbes qui est formée par le cercle limite intérieur; et c'est sur ce cercle limite que la vitesse du liquide est la plus grande. Dans l'autre, qui se produit dès que l'inégalité

$$(\operatorname{ch} I - 1)\sum_{n=0}^{\infty} \frac{ne^{-nE}}{\operatorname{sh} n(I-E)} > \frac{T}{2d}$$

est vérifiée, certaines de ces courbes d'égale vitesse se referment sur elles-mêmes sans entourer le cercle limite intérieur; et il y a des points du tube où la vitesse est supérieure à la vitesse sur ce cercle.

4. Appelons A et B les points d'intersection de l'axe de symétrie de la section avec les cercles limites extérieur et intérieur dans la partie la plus étroite de la section; et T_A et T_B les tensions en ces points. Ce sont les tensions maxima pouvant se produire dans la section et elles ont pour expressions

$$T_A = G\theta R + 2G\theta d(\operatorname{ch} E + 1)\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\operatorname{ch}[2nI - (2n-1)E] + 1},$$

$$T_B = G\theta(r + 2d) + 2G\theta d(\operatorname{ch} I + 1)\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\operatorname{ch}[(2n+1)I - 2nE] + 1};$$

et l'on a, en A et B respectivement, les relations

$$\frac{dT}{d\alpha}\coth\frac{E}{2} - T + 2G\theta R = 0$$

et

$$\frac{dT}{d\alpha}\coth\frac{I}{2} - T + 2G\theta r = 0.$$

Enfin le moment de torsion M est donné par la relation

$$M = \frac{1}{2}\pi G\theta(R^4 - r^4) - 4\pi G\theta a^2 d^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\operatorname{ch} 2[nI - (n-1)E] - 1}.$$

5. Quand la largeur $R - r - d$ de la section dans sa partie la plus étroite est très faible, on peut, avec une très grande approximation, calculer les tensions T_A et T_B par les relations

$$T_A = T_B = \frac{2G\theta a d}{R - r - d},$$

dont l'interprétation est immédiate.

Enfin, quand r est petit par rapport à $R - d$, on a très sensiblement

$$T_A = G\theta R \quad \text{et} \quad T_B = 2G\theta d.$$

Si, dans ces conditions, $d > \frac{R}{2}$, on a $T_B > T_A$.

MÉCANIQUE. — *Sur la vitesse de déformation des métaux aux hautes températures.* Note de M. **Pierre Henry**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'étude de la torsion de cylindres métalliques m'a conduit à grouper mes résultats expérimentaux relatifs à l'influence du couple et de la température sur la vitesse de torsion en une relation simple, liant ces trois variables.

Je tordais autour de leurs axes des barres ayant une extrémité fixe, à une température invariable T au moyen d'un couple P, en choisissant P et T tels que l'éprouvette subisse une déformation permanente et que la vitesse de torsion ω soit indépendante du temps, déterminée seulement, pour une barre donnée, par les valeurs de T et de P [1].

---

[1] H. et F. Le Chatelier, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 695.

Ces expériences m'ont fourni les relations empiriques suivantes :

$$\log\omega = aP + b \quad \text{pour T constant,}$$
$$\log\omega = cT + d \quad \text{pour P constant,}$$
$$P = K\frac{B - T}{T - A} \quad \text{pour une valeur fixe de } \omega,$$

où K et A sont des constantes, a, b, c, d, B des fonctions de la variable qui n'entre pas dans l'équation, c'est-à-dire des constantes quand cette variable a une valeur fixe.

La relation générale reliant les trois variables, peut se mettre, en explicitant par rapport à P, sous la forme

$$P = K\frac{K_1 + K_2 \log\omega - T}{T - A},$$

où K est une constante ne dépendant que des unités, des dimensions et de la nature de l'éprouvette.

K_1, K_2, A des constantes semblant n'être fonction que de la nature du métal.

Toutefois la relation rattachant K aux dimensions du barreau n'a pu être mise en évidence.

Les résultats expérimentaux seront détaillés dans un Mémoire ultérieur.

Pour des aciers extra-doux, le coefficient B se tient aux environs de 800-900° C., pour une valeur fixe de ω (5.10^{-5} radians/seconde par exemple) et A vers 300-400° C. Ces valeurs sont connues en métallurgie comme situant des zones d'hétérogénéité mécanique. Il convient de n'employer les formules qu'entre les valeurs de T correspondant à A et B.

Pour le cuivre la même formule est continue, mais $P = 0$ pour une température inférieure au point de fusion. Cette valeur obtenue par extrapolation est vraisemblablement trop faible.

Les données de la littérature m'ont permis d'étendre ces formules à divers alliages de fer dans le cas de la traction : pour les courbes de viscosité [résultats de MM Chévenard [1], Cournot et Sasagawa [2]] et aussi pour le cas limite de la rupture [en particulier aux résultats de M. E. Dupuy [3]].

---

(1) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 712 et **175**, 1922, p. 486.
(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 661, et *Revue de Métallurgie*, **22**, 1925, p. 753.
(3) *Revue de Métallurgie*, **18**, 1921, p. 331.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Vents périodiques et rafales critiques pour la flexion des pylônes haubanés.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Mesnager.

I. Un pylône haubané de fibre neutre verticale Oz et de hauteur L étant en équilibre élastique sous l'action des haubans et de forces diverses, un vent exerce sur lui une pression unitaire horizontale $W = V(z)\sin\frac{t}{T}$ *vent périodique sinusoïdal* ou $W = V(z)\,\mathrm{sh}\frac{t}{T}$ *rafale sinusoïdale hyperbolique* (T constante, t variable temps) Proposons-nous de déterminer la déformation horizontale supplémentaire $x(z, t)$ qui en résulte pour la fibre neutre dans les hypothèses habituelles de la résistance des matériaux, notamment en négligeant les termes en $\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)^2$. Soient $\Theta(z)$ la compression de la fibre, E le module d'élasticité, ρ la masse linéaire unitaire du pylône, I le moment d'inertie de flexion de sa section. L'équation

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(\mathrm{EI}\frac{\partial^2 x}{\partial z^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\Theta\frac{\partial x}{\partial z}\right) + \rho\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = \mathrm{W} \tag{1}$$

exprime le théorème du mouvement du centre de gravité suivant l'horizontale Ox de l'élément dz de cote z. Il en faut trouver une solution $x(z, t)$ telle que (quel que soit t)

$$\left\{\begin{array}{l} x(0, t) = 0, \qquad \dfrac{\partial^2 x(\mathrm{L}, t)}{\partial z^2} = 0, \qquad \dfrac{\partial^3 x(\mathrm{L}, t)}{\partial z^3} = 0 \\ \text{et} \\ (a)\ \dfrac{\partial^2 x(0, t)}{\partial z^2} = 0 \qquad \text{ou} \qquad (b)\ \dfrac{\partial x(0, t)}{\partial z} = 0 \end{array}\right. \tag{2}$$

suivant qu'à la base origine le pylône peut osciller autour d'une horizontale arbitraire ou est encastré.

II. Cherchons à satisfaire à (1) par

$$x(z, t) = \alpha(z)\sin\frac{t}{T} \qquad \text{ou} \qquad x(z, t) = \alpha(z)\,\mathrm{sh}\frac{t}{T}, \tag{3}$$

d'où

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(\mathrm{EI}\frac{\partial^2 \alpha}{\partial z^2}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\Theta\frac{\partial \alpha}{\partial z}\right) \mp \alpha\frac{\rho}{T^2} = \mathrm{V}. \tag{4}$$

Ne pouvant expliciter dans la présente Note l'étude complète de cette

question qui fera l'objet d'un Mémoire actuellement en préparation, limitons-nous à l'exemple suffisant pour nombre d'applications industrielles où E, I, Θ, ρ sont des constantes et $V = vz + v_0$ (v et v_0 constants).

Dans le cas du vent périodique sinusoïdal,

$$(5) \qquad \alpha(z) = \mathrm{A}e^{\theta z} + \mathrm{B}e^{-\theta z} + \mathrm{C}\cos\varphi z + \mathrm{D}\sin\varphi z - \frac{\mathrm{T}^2}{\rho}(vz + v_0),$$

$(\pm\theta)$ et $(\pm i\varphi)$ étant les quatre racines de l'équation en s

$$(6) \qquad \mathrm{EI}s^4 + \Theta s^2 - \frac{\rho}{\mathrm{T}^2} = 0.$$

Dans le cas de la rafale sinusoïdale hyperbolique,

$$(5) \quad \alpha(z) = \mathrm{A}e^{\theta z}\cos\varphi z + \mathrm{B}e^{\theta z}\sin\varphi z + \mathrm{C}e^{-\theta z}\cos\varphi z + \mathrm{D}e^{-\theta z}\sin\varphi z + \frac{\mathrm{T}^2}{\rho}(vz + v_0),$$

$(\pm\theta \pm i\varphi)$ étant les quatre racines de l'équation en s

$$(6) \qquad \mathrm{EI}s^4 + \Theta s^2 + \frac{\rho}{\mathrm{T}^2} = 0.$$

Dans les deux cas ABCD sont des constantes à déterminer par les conditions (2) où l'on remplace x par α. *Quand le déterminant* $\Delta(\mathrm{L}, \mathrm{T})$ des coefficients de ces constantes *est nul*, celles-ci deviennent infinies, donc $x(z, t)$, c'est-à-dire qu'il n'est plus loisible de supposer infiniment petite la déformation du pylône dont la charge de travail devient considérable. *Le vent périodique sinusoïdal ou la rafale sinusoïdale hyperbolique sont alors dits critiques pour la flexion du pylône.*

III. Or dans les hypothèses (2), les $\Delta(\mathrm{L}, \mathrm{T})$ sont à un coefficient numérique près :

$$(7) \quad \begin{cases} 2\varphi^3\theta^3(\theta^2-\varphi^2)\,\mathrm{ch}\,\theta\mathrm{L}\cos\varphi\mathrm{L}\left\{\dfrac{\mathrm{th}\,\theta\mathrm{L}}{\theta} - \dfrac{\mathrm{tang}\,\varphi\mathrm{L}}{\varphi}\right\} & \text{(vent périodique, condition } a), \\ 2\varphi^3\theta^3(\theta^2-\varphi^2)\left\{\dfrac{\mathrm{sh}\,\theta\mathrm{L}}{\theta}\,\dfrac{\sin\varphi\mathrm{L}}{\varphi} - \dfrac{\theta^4+\varphi^4}{\theta^2\varphi^2(\theta^2-\varphi^2)}\right\} & \text{(vent périodique condition } b), \\ 4\varphi\theta(\theta^2+\varphi^2)^2\left\{\dfrac{\mathrm{sh}\,2\theta\mathrm{L}}{\theta} - \dfrac{\sin 2\varphi\mathrm{L}}{\varphi}\right\} & \text{(rafale, condition } a), \\ 4\varphi^2\theta^2(\theta^2+\varphi^2)^2\left\{\dfrac{\mathrm{sh}^2\theta\mathrm{L}}{\theta^2} - \dfrac{\sin^2\varphi\mathrm{L}}{\varphi^2} + \dfrac{4}{\theta^2+\varphi^2}\right\} & \text{(rafale, condition } b). \end{cases}$$

Dans le cas du vent périodique, les équations $\Delta(\mathrm{L}, \mathrm{T}) = 0$ ont par suite une infinité de racines réelles positives en L pour T donné. Dans le cas de la rafale, ces équations n'ont de racines réelles positives que si θ est imagi-

naire pur et φ réel, autrement dit si $\frac{1}{T}$, que nous appellerons *pulsation de la rafale*, est inférieur à $\frac{\Theta}{2\sqrt{\rho EI}}$, mais alors elles en ont une infinité.

CONCLUSION. — *Pour un pylône haubané de longueur donnée à section et compression constantes, il existe toujours* DES VENTS PÉRIODIQUES SINUSOÏDAUX CRITIQUES *en nombre infini et* DES RAFALES SINUSOÏDALES HYPERBOLIQUES CRITIQUES *également en nombre infini; la plus grande pulsation de ces dernières est d'autant plus grande que la compression du pylône est plus grande.*

MAGNÉTISME. — *Sur différents états magnétiques du chlorure de cobalt.* Note (¹) de M. **A. Chatillon**, présentée par M. A. Cotton.

Jusqu'ici on connaissait, dans les sels de cobalt solides, l'état magnétique caractérisé par un moment égal à 25 magnétons.

L'étude des solutions aqueuses de ces sels donnait, d'une part, un moment moyen variable avec la concentration, et l'extrapolation des courbes obtenues conduisait aux moments limites 24 et 25 magnétons; d'autre part, un moment indépendant de la dilution caractérisé par le nombre fractionnaire 24,5 magnétons.

Récemment, Mlle Serres (²) trouvait dans le sulfate calciné le cobalt à 26 magnétons. J'ai aussi rencontré ce dernier état dans certaines solutions de sulfate (³).

Enfin j'ai montré (³) par l'étude de la variation thermique du coefficien d'aimantation des solutions à moment fractionnaire l'existence d'un point de Curie. Rectification faite du moment en tenant compte de ce point Θ, on a le nombre entier 25 magnétons.

Dans les mesures que je vais résumer, j'ai obtenu un nouvel état magnétique du métal. Le chlorure, particulièrement soluble dans les alcools, m'a servi de point de départ. Les alcools amylique et éthylique sont les solvants utilisés. Le sel était longuement calciné vers 300° pour éliminer l'eau de cristallisation.

Les solutions sont d'un beau bleu intense, alors que dans l'eau les sels de cobalt sont roses.

(¹) Séance du 15 mars 1926.
(²) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 714.
(³) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 778.

Pour servir de comparaison, une solution aqueuse de ce même chlorure calciné a été aussi observée.

Les droites $\left(\frac{1}{\chi}, T\right)$ obtenues ont fourni les résultats suivants :

Solvant	Pour 100 en Cl^2Co.	Nombre de magnétons.	Θ.
Eau	8,01	25,05	−12° absolus
Alcool amylique	9,55	23,04	0 »
	5,43	22,98	0 »
Alcool éthylique	21,36	22,96	−16 »

L'étude thermique de la première solution amylique ayant montré que le point de Curie est au 0° absolu, une seule mesure a été faite pour le deuxième, et le moment calculé en tenant compte de la loi de Curie. *Le moment* 23 *magnétons ainsi mis en évidence n'avait pas encore été signalé.*

Par évaporation de l'alcool éthylique, j'ai récupéré le chlorure solide. Il donne le moment 26 magnétons déjà rencontré pour le sulfate et un point de Curie de + 16° absolus.

Frappé de ce fait que toutes les solutions aqueuses possèdent un point de Curie négatif, sensiblement invariable, de — 12° absolus pour les sels à 25 magnétons; remarquant que Jackson (1) pour le sulfate à $7H^2O$ solide donne aussi un point Θ à — 13°, pratiquement le même, il m'a paru légitime de penser que ce point Θ caractérise l'ion cobalt hydraté qu'on retrouve dans les trois sels (sulfate, chlorure, azotate).

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai étudié le chlorure à $6H^2O$ solide. J'ai obtenu deux droites $\left(\frac{1}{\chi}, T\right)$:

Entre — 80° et + 50° C. on a l'état à 25 magnétons avec un point de Curie de — 30° absolus.

De 110° à 208°,5 C., la droite donne 24 magnétons et l'extrapolation jusqu'à l'axe des abscisses conduit à un point Θ de + 14°.

Entre 50° et 110° il y a transformation magnétique; dans cet intervalle le sel fond vers 55°.

Ainsi à la température ordinaire, le chlorure hydraté a bien un point Θ négatif, mais dont la valeur est notablement différente de celle que j'attendais.

Enfin j'ai effectué des mesures sur le chlorure calciné aux environs de 100°;

(1) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, série A, 224, 1923, p. 1-48.

ce sel renfermait encore un peu plus d'une molécule d'eau par molécule de sel (1,3 H^2O environ).

Le moment est encore 25 magnétons, mais le point Θ est positif, à $+7^\circ$ absolus.

Le tableau ci-dessous rassemble tous les résultats en montrant avec quelle approximation n est entier.

Solution aqueuse (8,01 pour 100)		$n = 26,05$	$\Theta = -12^\circ$ absolus
Solution amylique (9,55 pour 100)		$n = 23,04$	$\Theta = 0$ »
Solution amylique (5,43 pour 100)		$n = 22,98$	$\Theta = 0$ »
Solution éthylique (21,36 pour 100)		$n = 22,96$	$\Theta = +16$ »
Sels à l'état solide	venant de la solution éthylique.	$n = 26,02$	$\Theta = -16$ »
	$Cl^2Co, 6H^2O$ (— 80° à 50°)	$n = 25,03$	$\Theta = -30$ »
	$Cl^2Co, 6H^2O$ (110° à 208°,5)	$n = 23,94$	$\Theta = +14$ »
	Cl^2Co calciné (1,3 H^2O)	$n = 25,08$	$\Theta = +7$ »

J'ai ainsi rencontré, dans le chlorure de cobalt, 4 états magnétiques caractérisés par les nombres entiers consécutifs 23, 24, 25 et 26 magnétons.

La démonstration de l'état à 24 magnétons était incomplète jusqu'ici : elle reposait sur l'hypothèse que $\Theta = 0^\circ$ dans certaines solutions très diluées. Le premier état (23 magnétons) était encore inconnu.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Contrôle expérimental quantitatif de l'absorption de résonance des rayons X.* Note de M. V. **Posejpal.**

On peut obtenir un tel contrôle en ayant soin que tout point de la feuille absorbante ne soit traversé que par un faisceau homogène. L'énergie de la raie K_{α_1} d'un corps, soustraite par l'absorption du même corps à l'unité d'énergie du faisceau homogène incident, est presque tout entière utilisée à l'ionisation de la couche L des atomes absorbants, de sorte que 25 pour 100 de cette énergie sont absorbés par les niveaux 2 (1, 1), 25 pour 100 par les niveaux 2 (2, 1) et 50 pour 100 par les niveaux 2 (2, 2), en admettant une proportionnalité entre l'énergie absorbée et le nombre d'électrons occupant normalement le niveau en question. Chaque quantum énergétique $h\nu$ de la raie K_{α_1} absorbé sur le niveau 2 (2, 2) donnant lieu, d'après notre théorie (voir ce vol., p. 272-274), à l'absorption de résonance d'un autre quantum de la même raie, son absorption théorique $\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)\alpha_1$ sera, de ce fait, augmentée de 50 pour 100 et portée à

la valeur

$$\left(\frac{\tau}{\rho}\right)\alpha_1 = 1,5\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)\alpha_1.$$

Avec la raie K_{α_2} les choses sont pareilles, les 25 pour 100 de l'énergie $\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)\alpha_2$ absorbés sur le niveau L_2 (2, 1) élevant, par l'absorption de résonance, l'absorption totale à la valeur

$$\left(\frac{\tau}{\rho}\right)\alpha_2 = 1,25\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)\alpha_2.$$

Il est clair que les nombres 1,5 et 1,25 représentent les limites supérieures du rapport $\frac{\tau}{\rho} : \frac{\tau}{\rho}$.

Pour réaliser les conditions expérimentales supposées ici, je me suis servi, ainsi que dans mes premières recherches (*loc. cit.*), du tungstène comme radiateur et j'ai placé la feuille absorbante du tungstène à 1^{cm} environ devant la plaque photographique dans le spectrographe, en lui associant une série de quatre autres feuilles absorbantes de cuivre, d'épaisseur de $0^{cm},0109$ à $0^{cm},1006$, celle de tungstène ayant $0^{cm},0100$.

En observant les densités au moyen d'un microphotomètre, j'ai déterminé, pour chaque raie en question, l'épaisseur de cuivre équivalente en absorption à la feuille de tungstène, et j'ai calculé ensuite le coefficient d'absorption du tungstène en partant de celui du cuivre. En posant pour ce dernier sa valeur théorique, tirée de la formule de Bragg-Peirce, j'ai déterminé sur les trois plaques photographiques ainsi prises, les coefficients d'absorption des raies K_{α_1, α_2} du tungstène $\left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{\alpha_1} = 3^o,92$, $\left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{\alpha_2} = 3^o,71$, tandis que la formule de Bragg-Peirce nous donne $\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)_{\alpha_1} = 2^o,80$, $\left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)_{\alpha_2} = 2^o,96$. D'où l'on a pour le rapport $\frac{\tau}{\rho} : \frac{\tau_0}{\rho}$, les valeurs 1,40 et 1,25, concordantes assez bien avec les valeurs théoriques 1,50 et 1,25.

Dans mes expériences antérieures (*loc. cit.*), la feuille absorbante de tungstène, se trouvant immédiatement derrière la fente du spectrographe, était traversée par des radiations hétérogènes. Dans ce cas-là l'augmentation d'absorption par résonance peut surpasser nos prévisions théoriques. Et en effet les valeurs du rapport $\frac{\tau}{\rho} : \frac{\tau_0}{\rho}$, résultant de ces expériences-là et données par les nombres 1,69 et 1,38 sont bien plus grandes que les

valeurs théoriques. Mais le rapport des différences $\left(\frac{\tau}{\rho}-\frac{\tau_0}{\rho}\right)_{\alpha_1}:\left(\frac{\tau}{\rho}-\frac{\tau_0}{\rho}\right)_{\alpha_2}$ doit, même ici, rester proportionnel aux nombres d'électrons occupant normalement les niveaux $L_2(2,2)$ et $L_2(2,1)$, c'est-à-dire doit rester égal à 2. On voit que les mesures faites d'après la première méthode donnent approximativement $69:38=1,8$, celles d'après la méthode actuelle

$$40:25=1,6$$

Remarque. — Quant au rapport $\frac{\tau}{\rho}:\frac{\tau_0}{\rho}$ on trouve sur le tableau, page 274 de ma première Communication, au lieu des nombres justes 1,69 et 1,38, des valeurs exagérées 6,5 et 4,7. Ceci est dû à une erreur dans l'évaluation numérique de la formule de Bragg-Peirce, tous les $\frac{\tau_0}{\rho}$, et par suite les $\frac{\tau}{\rho}$, eux aussi, étant devenus trop petits, les $\frac{\tau_0}{\rho}$ d'un même facteur. Cette erreur ne changeant en rien les conclusions qualitatives, son élimination rétablit un accord plus étroit entre les résultats numériques de ces premières recherches et les prévisions théoriques.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Sur la dispersion rotatoire du camphre*, Note de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Dans une Note récente [1] M. Lucas, utilisant très judicieusement le diagramme rectiligne de Darmois, a montré que les anomalies du pouvoir rotatoire du camphre en solution doivent provenir de l'existence dans ces solutions d'un corps gauche et d'un corps droit de dispersions différentes. J'ai indiqué [2] qu'il serait utile, dans les cas analogues où il n'existe pas de pouvoir rotatoire constant, de faire appel à la dispersion rotatoire cristalline. C'est ce qu'à fait M. Lucas, et je voudrais discuter non point ses conclusions qui ne diffèrent pas de celles que j'ai formulées, il y a quelques années, à savoir que le corps droit des solutions doit être identique à la molécule du cristal; mais les notions physiques qu'il utilise pour les obtenir.

I. M. Lucas utilise la formule calculée par MM. Lowry et Cutter pour représenter le pouvoir rotatoire du camphre dans l'acétone

$$\frac{A_1}{\lambda^2-\lambda_1^2}-\frac{B_1}{\lambda^2-\lambda_2^2},$$

(1) Lucas, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 378.

(2) L. Longchambon, *Thèse*, Paris 1923; *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 951.

et suppose que le premier terme représente le corps droit existant dans les solutions, le deuxième terme le corps gauche. Cette façon d'interpréter la théorie de Drude appelle quelques remarques :

1° Dans cette théorie, les constantes λ_1, λ_2, etc., représentent les bandes d'absorption. Il faut autant de termes que d'électrons absorbants et actifs, et non pas autant de termes que de molécules actives. On peut cependant concevoir qu'on puisse isoler les radicaux dans lesquels jouent isolément ces électrons; mais si le terme positif représentait le corps droit, les formules de Lowry pour les différents solvants devraient avoir des constantes λ_1 et λ_2 identiques, ce qui n'est pas;

2° M. Lucas comparant la dispersion indiquée par ce terme positif avec la dispersion du cristal, estime l'accord satisfaisant : cet accord ne peut être qu'approximatif car le pouvoir rotatoire du cristal exige une formule à deux termes (sinon plus). Le Tableau ci-joint, sur lequel sont portées les dispersions du camphre dans diverses conditions montre que la dispersion du cristal coïncide correctement (sauf pour la raie 436) avec celle de l'état liquide et de l'état gazeux. Si l'on admet que dans le cristal il n'y a qu'une seule espèce de molécules, et si l'on conclut, comme je l'ai suggéré, de l'identité des dispersions à l'identité des états moléculaires, on peut dire que le constituant droit des solutions existe à l'état pur dans le cristal, et très probablement aussi dans le camphre liquide et gazeux. Par contre, dans tous les solvants où le camphre présente un pouvoir rotatoire inférieur à + 65°, il existerait une certaine quantité du corps gauche.

Dispersion du camphre	$\lambda=589$.	579.	546.	492.	436.	$[\alpha]_D$.
Cristallisé	1	1,06	1,27	1,8	2,7	+ 65
Liquide	1	1,05	1,28	1,8	2,8	+ 65
Gazeux	1	1,06	1,27	1,8	2,9	+ 65
Dans l'éther	1	1,053	1,262	1,785	2,918	+ 55
Dans l'hexane	1	1,055	1,27	1,79	2,93	+ 53
Dans le cyclohexane	1	1,05	1,25	1,81	2,94	+ 52,25
Dans l'acétone	1	1,06	1,27	1,79	2,95	+ 50,5
Dans le benzène	1	1,068	1,29	1,89	3,09	+ 44
1er terme de Drude (acétone)	1	1,04	1,23	1,7	2,62	+113
» (benzène)	1	1,04	1,23	1,68	2,52	+ 76
» (cyclohexane)	1	1,048	1,23	1,69	2,58	+ 78

De plus, on voit que la dispersion calculée à partir des termes positifs de l'expression de Drude s'écarte sensiblement de celle du cristal. Enfin si l'on porte sur le diagramme rectiligne les pouvoirs rotatoires indiqués séparément

par les termes positifs et négatifs, les droites obtenues ne passent pas par le point de convergence qui est nettement désigné par les droites relatives au camphre sous les trois états et dans les différents solvants. Les termes de Drude ne sont donc pas caractéristiques des constituants gauche et droit, et il n'est pas légitime, à l'heure actuelle, de donner à ces termes une signification physique autre que celle qui leur est assignée par la théorie.

II. Il n'est pas inutile de revenir sur les observations qui sont à la base des comparaisons entre les différentes dispersions : complétant les expériences de Biot et de Gernez, j'ai montré que loin des bandes d'absorption, la dispersion semble être indépendante de l'état physique; j'aurais pu multiplier les observations confirmant cette identité, j'ai cependant préféré limiter moi-même la généralisation de cette remarque en comparant les dispersions au voisinage des bandes d'absorption ([1]) : le pouvoir rotatoire est un phénomène trop sensible aux conditions physiques pour ne pas être influencé par le changement d'état dans cette région des vibrations qui intéresse à la fois la structure moléculaire et le mécanisme même de la rotation. Sans méconnaître les services que peut rendre le principe de la conservation des dispersions dans les régions de transparence, il ne faut pas s'illusionner sur sa valeur absolue : les différentes dispersions sont d'autant mieux comparables qu'on est plus loin des bandes d'absorption, les rotations tendant asymptotiquement vers zéro. C'est ce qu'illustre le sort de la loi de Wiedemann sur les dispersions naturelles et magnétiques que M. Lowry ([2]) a cru vérifier dans le spectre visible alors que Darmois avait montré son inexactitude sur différents corps, principalement lorsqu'on aborde l'ultraviolet ([3]).

RADIOLOGIE. — *Mesure ionométrique des rayons X incidents par unité de surface et des rayons X absorbés par unité de volume.* Note de M. **Miramond de Laroquette**, présentée par M. H. Vincent.

L'ionométrie des rayons X donne en radiothérapie des indications très utiles mais qui gagneraient beaucoup en précision si elles étaient rapportées à une unité de surface, pratiquement le centimètre carré.

L'unité R de l'ionomètre de Salomon, appareil pourtant très perfectionné

([1]) L. Longchambon, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1828.

([2]) Lowry, *Phil. Trans.*, série A, vol. **212**, 1912, p. 294.

([3]) Darmois, *Ann. Ph. et Ch.*, (7), **22**, 1911, p. 247.

et aujourd'hui d'usage courant, ne tient pas compte de la surface irradiée; la technique et le dispositif actuels de la chambre d'ionisation ne permettent pas de décompter la valeur des champs d'irradiation proportionnellement à leur étendue.

La chambre d'ionisation et son support qui, dans la pratique, est plus ou moins largement exposé aux rayons, sont en effet sensibles sur une trop grande surface et très inégalement sur leurs différents points. Ceux-ci reçoivent d'ailleurs, suivant leur distance du rayon normal, des quantités inégales de rayons X. On le démontre en couvrant l'ensemble de la chambre d'ionisation par une lame de plomb percée d'une ouverture de 1^{cm^2}. L'ionomètre mesure, par exemple, dans un même temps 24 à 28 R quand la fenêtre est sur la chambre même, 3 à 9 R quand elle est sur différentes parties du support, et 100 R quand la chambre et le support sont découverts et irradiés en entier.

L'ionomètre totalise donc, dans un même chiffre d'unités R, des quantités de rayons inégales et inégalement enregistrées sur des surfaces mal déterminées. Les mesures sont ainsi forcément inexactes et ne peuvent être par le calcul ramenées à l'unité de surface. La valeur même de l'unité R étalonnée avec R*a* dans des conditions analogues ne peut être retenue sans révision.

Ces causes d'erreur sont supprimées si on limite la surface de réception des rayons au moyen d'un manchon mobile de plomb, ayant une ouverture de 1^{cm^2} sur le centre de la chambre d'ionisation.

Ce dispositif ralentit de 70 à 80 pour 100 la chute de l'aiguille de l'ionomètre et réduit en proportion le nombre des unités R obtenu d'après les constantes actuelles.

On place successivement la fenêtre sous le rayon normal, à la limite du champ ou en d'autres points intermédiaires, et l'on obtient ainsi la mesure exacte des rayons incidents à chacun de ces points.

La mesure des rayons incidents par unité de surface permet la mesure si désirable des quantités de rayons retenus et transformés dans les tissus par unité de volume. Connaissant la quantité incidente par centimètre carré, la différence des chiffres des R relevés de centimètre en centimètre de profondeur, dans une cuve d'eau, permet de déduire le rayonnement absorbé à tel niveau par centimètre cube.

Pour éviter toute confusion on pourrait désigner par la notation R*s* le rayonnement incident par centimètre carré de surface, et par R*v* le rayonnement retenu par centimètre cube.

Des mesures chiffrées en R et en volume sont particulièrement importantes pour l'étude des effets généraux de la radiothérapie sur le sang circulant et l'organisme tout entier dont les réactions aux rayons X dépendent autant de l'étendue des champs et de l'épaisseur des tissus traversés que de l'intensité et de la durée des irradiations.

Avec le dispositif et la technique indiqués, on peut totaliser facilement avec assez d'approximation les quantités de rayons absorbés sur toute l'étendue des champs, au centre et à la périphérie, à la surface et en profondeur.

Le même dispositif permet de mesurer pratiquement les rayons diffusés en orientant l'ouverture du manchon mobile latéralement, dans des plans verticaux ou obliques, et sous la chambre même de l'ionomètre. On trouve ainsi dans certaines conditions d'expérience, à 6^{cm} de profondeur dans un milieu homogène, que pour 100 R de rayonnement direct reçu par la face supérieure du centimètre cube envisagé, chacune des faces latérales émet ou reçoit 2 à 3 R de rayons diffusés.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le rendement de la fluorescence dans le domaine des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Des atomes soumis à un rayonnement de haute fréquence subissent l'effet photo-électrique; ils passent ainsi à un état excité, caractérisé par une ionisation plus ou moins profonde. Les ions formés sont alors, après un certain temps, le siège de remaniements électroniques qui libèrent des quantités d'énergie caractéristiques. J'ai montré [1] que les quanta ainsi apparus pouvaient soit produire du rayonnement électromagnétique, ce qui constitue la fluorescence, soit, par une sorte d'effet photo-électrique interne, ioniser de nouveau l'atome en chassant des électrons. Le rendement de fluorescence, défini par le rapport du nombre de quanta caractéristiques émis par les atomes excités au nombre de quanta incidents absorbés, est par conséquent diminué du fait de l'existence du second mode de transformation; la valeur de ce rapport mesure en quelque sorte l'importance relative des effets photo-électriques simple et composé.

2. L'étude de ces phénomènes par la méthode de condensation de C. T. R. Wilson permet d'atteindre le rendement de fluorescence, au

[1] *Comptes rendus*, 180, 1924, p. 65; *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 205.

moins dans certains cas favorables. Grâce à elle chaque absorption individuelle d'un quantum de radiation incidente peut être analysée dans ses détails : si par exemple on n'observe qu'une trajectoire, celle du rayon β secondaire, on saura que la fluorescence s'est produite.

Si l'on constate l'émission, en plus du photo-électron d'un rayon tertiaire, c'est qu'il n'y a pas eu de fluorescence. La statistique des cas observés pourra ainsi renseigner sur la fréquence relative des deux phénomènes, et donner la valeur du rendement défini plus haut.

Cependant, en pratique, on est le plus souvent gêné par l'intervention simultanée de plusieurs niveaux; dans le cas de l'argon, par exemple, l'effet photo-électrique simple sur le niveau K a le même aspect que l'effet (simple et composé) sur le niveau L : on pourra donc seulement comparer la somme des probabilités de ces deux effets, à celle de l'effet composé sur l'anneau K.

3. Cette difficulté peut toutefois être évitée par un choix convenable des conditions expérimentales; ainsi le krypton, excité par des rayons X de 20 kv, donne lieu à trois phénomènes photo-électriques bien distincts. Le niveau K de cet élément correspondant à 14 kv (en chiffres ronds), un électron arraché à ce niveau sera émis sous 6 kv; le rayon β secondaire provenant de l'ionisation dans L sort sous 18 kv, et son plus long parcours le différencie nettement du premier; enfin le rayon tertiaire de K, correspondant à 11 kv, se distingue des deux précédents. Il est alors facile de compter séparément sur les clichés les absorptions, avec ou sans fluorescence dans K, et d'un autre côté les ionisations dans L.

Une statistique effectuée dans ces conditions, et portant sur 223 cas, a donné pour le rendement de fluorescence dans K, pour le krypton, $R = 0,51$. Le rapport J du nombre de quanta incidents absorbés dans les niveaux K et L, a pour valeur 7,58.

4. La valeur trouvée pour J est en bon accord avec celles qui ont été obtenues par des méthodes macroscopiques, comportant des mesures de coefficient d'absorption avant et après la discontinuité. K. Allen (1) donne une courbe de variation de J avec le nombre atomique du corps étudié, sur laquelle se place très bien la valeur précédente. Se basant sur cette coïncidence, on peut alors extrapoler la courbe jusqu'aux corps légers, qu'Allen n'a pas étudiés, utiliser les nombres qu'elle donne pour J à l'interprétation des statistiques imparfaites effectuées sur l'argon, et atteindre pour cet élément le rendement R. On trouve ainsi $J = 8,3$ et $R = 0,072$.

---

(1) *Physical Review*, **24**, 1924, p. 1.

5. Les valeurs de R données ici, auxquelles on peut joindre des observations qualitatives faites sur le néon et le xénon, indiquent une variation de ce rendement avec le nombre atomique : pour un même niveau (K en l'espèce), les corps lourds présentent un meilleur rendement en radiations caractéristiques de fluorescence que les éléments légers.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les variations de la constante d'hydrolyse avec la concentration du sucre.* Note de M. **H. Colin** et M[lle] **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lors de l'hydrolyse du saccharose par les acides étendus, la vitesse initiale V_0 n'est pas, comme on l'avait cru tout d'abord, rigoureusement proportionnelle à la concentration en sucre a (¹); elle croît plus vite ou moins vite que la teneur en saccharose suivant que le catalyseur est un acide fort ou un acide faible (²). Nous avons obtenu les résultats ci-dessous en comparant les vitesses d'inversion de liqueurs contenant 40^g pour 100 et 5^g pour 100 de sucre (k et k' désignent respectivement les constantes de Wilhelmy pour $a = 40$ et $a = 5$) :

Nature de l'acide.	$\frac{k}{k'}$.
Acide chlorhydrique	1,58
» bromhydrique	1,47
» trichloracétique	1,48
» sulfurique	1,28
» oxalique	1,18
» formique	0,94
» acétique	0,80

En dépit de maintes tentatives, l'interprétation de ce fait est encore à trouver. On aurait tort de croire que le saccharose intervient en tant que produit intéressé à la réaction; un non-électrolyte quelconque, neutre et sans action directe sur le phénomène, la glycérine par exemple, agit exactement comme le sucre. En voici la preuve :

On hydrolyse par différents acides décinormaux des liqueurs contenant 5^g pour 100 de saccharose et 48^g pour 100 de glycérine; on compare les vitesses initiales d'hydrolyse V_0 de ces solutions à celles, V'_0, de liqueurs

(¹) Cohen, *Zeitsch. physik. Chem.*, **23**, 1897, p. 412.
(²) H. Colin et A. Chaudun, *Bull. Soc. Chim.*, **37**, 1925, p. 1224.

non glycérinées. Le tableau suivant donne, pour quelques acides, le rapport $\frac{V_0}{V'_0}$ $\left(\text{égal au rapport } \frac{k}{k'} \text{ des constantes d'hydrolyse}\right)$:

Nature de l'acide.	$\frac{V_0}{V'_0} = \frac{k}{k'}$.
Acide chlorhydrique	1,36
» trichloracétique	1,65
» sulfurique	1,22
» oxalique	1,06
» formique	0,96
» citrique	0,84
» acétique	0,76

L'addition de sucre et l'addition de glycérine produisent donc des effets identiques : accroissement de la constante de Wilhelmy dans le cas des acides forts, diminution lorsqu'il s'agit des acides faibles.

Des différents facteurs de variations susceptibles d'intervenir, recul de la dissociation de l'acide, diminution de la fluidité des liqueurs, accroissement de l'activité des ions hydrogène, aucun ne suffit, à lui seul, pour expliquer les particularités observées; quel que soit celui que l'on considère, son action ne peut s'exercer que dans un sens déterminé, *le même pour tous les acides*.

Le recul de la dissociation est négligeable dans les conditions où l'on opère; mais il faut retenir les deux autres facteurs qui, précisément, ont des effets opposés sur la vitesse du phénomène; du fait de l'augmentation de viscosité, la vitesse V_0 se trouve multipliée par un coefficient λ' plus petit que 1; l'accroissement de l'activité des ions introduit un nouveau multiplicateur λ'' supérieur à l'unité.

Il est évident que si les ions hydrogène intervenaient *seuls* dans la réaction, le produit $\lambda'\lambda''$ resterait le même pour les divers acides; l'expérience prouve qu'au contraire, $\lambda'\lambda''$ varie avec le catalyseur et qu'il est supérieur ou inférieur à 1 suivant le degré de dissociation de l'acide. Force est donc d'attribuer un rôle prépondérant aux anions, pour chacun desquels λ' et λ'' prendraient des valeurs particulières, et le mécanisme de l'hydrolyse pourrait être le suivant : dans une première phase, le saccharose s'unirait à l'eau et à l'ion H^+, la vitesse de formation du complexe étant finie et dépendant des concentrations du sucre et des cathions; le complexe (saccharose + eau + ion H^+) se décomposerait ensuite sous l'action des anions, avec une vitesse également finie, proportionnelle à la concentration du complexe et à celle des ions négatifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermomagnétique de quelques ferrites.* Note de MM. **H. Forestier** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente (¹), nous avions indiqué un mode de préparation du ferrite de magnésium Fe^2O^3MgO. Nous avons depuis étendu cette méthode à sept autres corps de formule Fe^2O^3MO, où M peut représenter : le nickel, le cuivre, le plomb, le baryum, le calcium, le cadmium, le zinc. Tous ces composés sont attirables à l'aimant. Nous présentons ici l'étude des transformations qu'ils peuvent subir sous l'influence de la température.

Les variations de l'aimantation en fonction de la température ont été suivies au moyen d'un appareil analogue à celui dont se servit Curie dans son travail sur les propriétés magnétiques des corps à diverses températures (²), mais nous y avons ajouté un dispositif permettant l'enregistrement photographique; sur les courbes obtenues, les températures sont portées en abscisses et les variations de l'aimantation en ordonnées.

Ces expériences nous ont permis de classer les ferrites étudiés en trois groupes :

1° Les ferrites de nickel, cuivre, magnésium, baryum, plomb se comportent d'une façon analogue à la magnétite (Fe^2O^3FeO), l'aimantation diminue à partir de la température ordinaire et s'annule (point de Curie). Cependant les courbes IV et V des ferrites de baryum et de plomb indiquent une variation de l'aimantation plus continue que dans le cas des autres ferrites (voir la figure); d'ailleurs l'analyse thermique dilatométrique qui accuse une anomalie très nette au point de Curie de l'oxyde Fe^3O^4 et des trois ferrites de nickel, de cuivre et magésium, n'indique rien de caractéristique pour ceux de baryum et plomb.

Pour tous les ferrites de ce groupe, les courbes d'échauffement et de refroidissement sont sensiblement superposables.

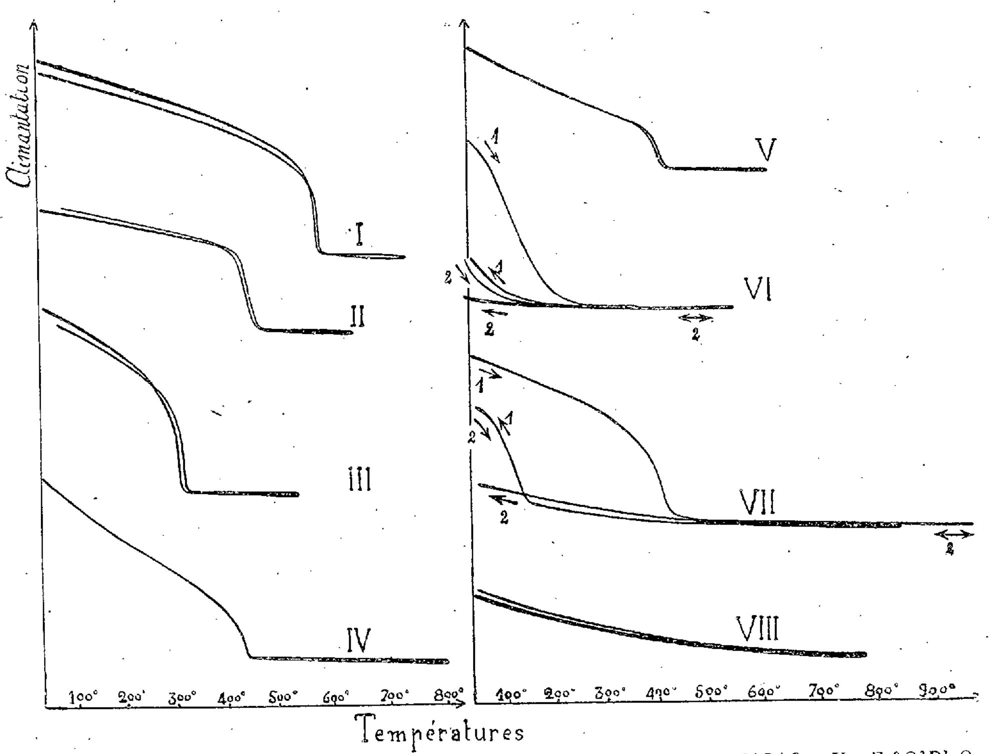
2° Les ferrites de calcium et de cadmium, chauffés jusqu'à la température de leur point de Curie, donnent des courbes réversibles analogues à celles des ferrites précédents; mais si l'on dépasse cette température (cycle 1 sur les courbes VI et VII), on observe au refroidissement un abaissement

---

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 509.

(²) *Ann. de Phys. et de Chim.*, 7ᵉ série, 5, 1895, p. 289,

du point de Curie, et si l'on maintient le corps un temps suffisant à haute température, par exemple 15 minutes à 900°, il est alors transformé entièrement en une variété paramagnétique (cycle 2 sur les courbes VI et VII).



Courbes : I, Fe^2O^3NiO; II, Fe^2O^3CuO; III, Fe^2O^3MgO; IV, Fe^2O^3BaO; V, Fe^2O^3PbO; VI, Fe^2O^3CdO; VII, Fe^2O^3CaO; VIII, Fe^2O^3ZnO.

L'analyse thermique, faite au moyen du galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, ne décèle aucun phénomène thermique net au cours de ces changements.

3° Le ferrite de zinc donne une courbe (n° VIII) ne présentant pas de discontinuité ; même après un long chauffage à 1200°, on observe toujours une réversibilité parfaite.

M. Chevallier [1] a indiqué récemment une méthode balistique permettant de mesurer la perméabilité des poudres ferro-magnétiques, nous l'avons employée pour comparer ces ferrites; nous avons pu ainsi les classer dans

---

[1] *Comptes rendus*, 180, 1915, p. 1477.

l'ordre suivant, d'après leur susceptibilité spécifique moyenne, entre 0 et 100 gauss :

Fe^2O^3CuO..........	102.10^{-3}	Fe^2O^3CaO..........	$42,5.10^{-3}$
Fe^2O^3FeO..........	80 »	Fe^2O^3BaO..........	9,9 »
Fe^2O^3NiO..........	78 »	Fe_2O^3PbO..........	1,2 »
Fe^2O^3MgO..........	54 »	Fe^2O^3ZnO..........	0,16 »

Nous avons en outre observé que le ferrite de calcium ne possède aucune aimantation rémanente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Potentiels critiques* K *des atomes légers*. (Réponse à une Note de M. A. Dauvillier.) Note [1] de **M. Holweck**, présentée par M. J. Perrin.

I. J'ai appliqué la méthode décrite dans une précédente Note [2] à l'oxygène, à l'azote et au bore (O^2, N^2, N^2O, BH^3). Les discontinuités, très franches, ont montré un fait nouveau : elles possèdent une structure fine analogue à celle mise en évidence par la spectrographie cristalline pour les corps plus lourds [3] : 1° une ou plusieurs lignes d'absorption précèdent la bande; 2° cette structure dépend de la nature chimique dans laquelle est engagé l'élément.

Ceci se comprend facilement, en admettant que l'ionisation K d'un gaz léger provient en grande partie de l'arrêt du photo-électron d'énergie $K - 2L$ (effet photo-électrique composé de P. Auger).

Dans les corps légers jusqu'au Ne, le niveau L contenant les électrons de valence peut être entièrement différent d'une combinaison à l'autre du même élément. On constate, par exemple, pour N^2 une ligne d'absorption (397, 400, 403 volts) précédant la bande (403 volts), et pour N^2O une bande unique à 397 volts; O^2 montre deux lignes (528, 531, 533; 533, 534, 535 volts), puis une bande commençant à 535 volts (voir la figure). L'ionisation du gaz BH^3 ne présente aucune anomalie importante entre 150 et 210 volts [4], l'anneau L normal n'existant plus. Par contre, une lame

(1) Séance du 8 mars 1926.

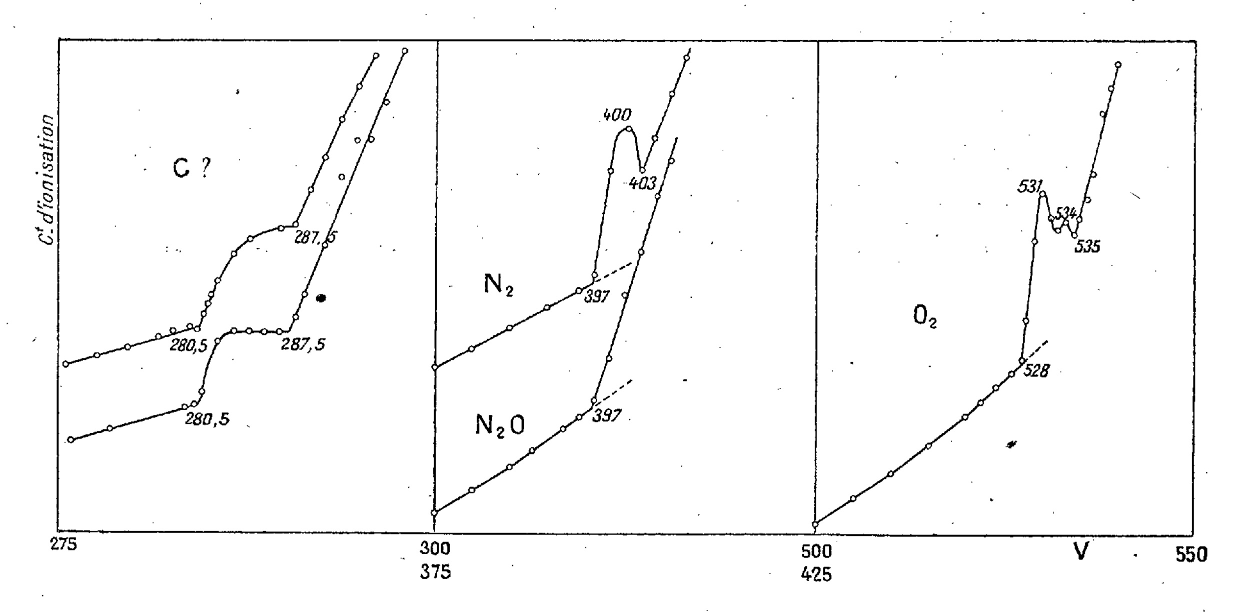
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 53.

(3) Voir, par exemple, Coster, *Zeit. für Phys.*, 25, 1914, p. 83.

(4) La discontinuité *très faible*, précédemment indiquée à 160 volts (*Thèse de Doctorat*, 1922), n'a pas été retrouvée dans les expériences récentes beaucoup plus précises.

mince de B^2O^3 fondu ($0^{mg},3$ par centimètre carré) étudiée par la méthode décrite dans une précédente Note ([1]), présente une anomalie de transparence très franche à 192 volts.

Le rayonnement du tube (anode et cathode de W) présente, ainsi qu'il a été indiqué de nombreuses fois, une anomalie qui, à l'examen précis, s'est montré double (280,5 et 287,5 volts). C'est très probablement la structure fine de la bande K du carbone présent dans le celluloïd.



Toutes ces mesures, exactes à quelques volts près, seront reprises avec plus de précision et étendues aux différentes combinaisons. Elles offrent un nouveau moyen d'étude de la structure moléculaire. En considérant le potentiel K comme défini par la première discontinuité, les nombres trouvés ([2]) se placent avec une haute précision sur un diagramme de Moseley, courbe à partir du Sc et passant par le potentiel d'ionisation de l'hélium (25,4 volts).

II. Dans une Note récente, M. A. Dauvillier ([3]) a cherché à mettre en évidence des différences de pression dans les gaz perturbés par une décharge, en utilisant des rayons X mous produits et étudiés au moyen d'un dispositif

---

([1]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 709.
([2]) Associés à K du néon : 862 ± 3 volts (*Comptes rendus*, **181**, 1926, p. 53).
([3]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 575.

et par des méthodes identiques à ceux que j'ai employés. Cependant, l'appareil disposé dans un autre but et utilisant un faible angle solide était, pour l'étude des rayons mous, considérablement moins précis que le mien. Accessoirement, M. Dauvillier a étudié le rayonnement d'une anode de tungstène et croit pouvoir conclure que ce rayonnement se compose presque uniquement de raies caractéristiques. Cette opinion, contraire à la mienne (je pense que le fond continu est très important devant les raies lorsqu'un corps lourd est perturbé uniquement dans ses niveaux extérieurs), est fondée sur les discontinuités d'une courbe déterminée par un très petit nombre de points.

Par contre, ma conviction est basée : 1° sur l'étude de l'intensité du rayonnement et de la transparence de nombreux corps faite par un très grand nombre de mesures serrées et précises; 2° sur l'étude complète des séries L et K des atomes légers qui serait impossible par la méthode d'absorption dans l'hypothèse de M. Dauvillier. Les seules anomalies « naturelles » du rayonnement se présentent à 280,5 et à 287,5 volts. A mon avis la discontinuité signalée par M. Dauvillier à 240 volts comme $N_{4,5}$ du W doit disparaître avec des mesures plus précises et $N_{6,7}$ à 280 volts est K du carbone (du celluloïd).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mobilité des ions dans les gaz.* Note [1] de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Note du 22 février 1926, j'ai donné la description d'un appareil permettant d'étudier la mobilité des ions dans les gaz.

J'ai indiqué que le dispositif se prêtait à l'emploi de deux méthodes : on peut mesurer l'apport des champs à l'électrode en laissant fixe la tension V établie entre les joues de la boîte et faisant varier la vitesse de rotation des plateaux et par suite la durée de trajet t offerte aux ions ou inversement.

Si les fenêtres étaient infiniment étroites, la durée de trajet serait exactement déterminée, et des ions de mobilité K ne pourraient parvenir à l'électrode que pour des couples de valeur de V et t satisfaisant à la relation

$$(1) \qquad K = \frac{d^2}{Vt} \qquad (d,\ \text{distance entre les joues}),$$

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

la figure 1 donne l'aspect des courbes expérimentales; ces courbes

Sous tension fixe V_f. A durée de trajet fixe t_f.

présentent, comme il fallait s'y attendre, un maximum dont les coordonnées t_m, V_f ou $V_m t_f$ conduisent à l'aide de la formule (1) à des valeurs de K égales entre elles, et voisines des valeurs qui ont été obtenues par d'autres méthodes. L'existence d'un maximum étalé provient de l'indétermination sur la durée de trajet due à la largeur des fenêtres; ce qui frappe toutefois dans l'examen de ces courbes, c'est l'importance de cet étalement; si on le caractérise par les rapports $\frac{t_2 - t_1}{t_m}$ et $\frac{V_2 - V_1}{V_m}$ (voir *fig.* 1), l'expérience indique qu'il est au moins égal et même parfois (ions négatifs dans l'argon par exemple) très supérieur à l'unité.

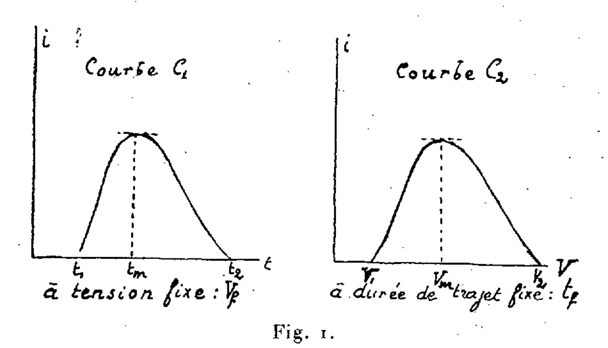


Fig. 1.

Or, si nous désignons par α l'écartement angulaire des fenêtres d'entrée et de sortie sur les deux plateaux et par $\Delta\theta$ leur largeur angulaire, il est facile de calculer que, dans l'hypothèse d'une seule mobilité, cet étalement $\frac{\Delta t}{t_m}$ est égal à $2\frac{\Delta\theta}{\alpha}$ ou à $4\frac{\Delta\theta}{\alpha}$ suivant que l'on considère comme négligeable ou non, la diffusion à l'intérieur de la boîte.

Dans les conditions expérimentales où j'ai opéré tout d'abord $\left(\Delta\theta = \frac{1}{10}, \alpha = \pi \text{ radian}\right)$, il pouvait donc être prévu un étalement inférieur ou au plus égal à $\frac{1}{8}$; l'étalement observé est donc au moins huit fois plus considérable que celui que l'on peut prévoir dans l'hypothèse d'une seule mobilité, en conséquence cette hypothèse est à rejeter. D'ailleurs, les résultats obtenus jusqu'ici dans les mesures de mobilités ne sont nullement en contradiction avec l'existence de plusieurs mobilités, car les différentes méthodes utilisées

(courant gazeux, champ renversé ou alternatif) reposent sur l'hypothèse d'une seule mobilité dont la valeur n'est obtenue le plus souvent que par extrapolation; en fait, les valeurs déterminées par les différents expérimentateurs sont assez peu concordantes; par exemple, pour les ions positifs dans l'air sec, Zélény a indiqué 1,36, Langevin 1,60, Wellish 1,54, Blanc 1,26.

En acceptant l'existence de plusieurs mobilités, on doit remarquer que l'on ne sait absolument pas si, le long de son parcours, un ion, une fois formé, conserve une structure permanente et peut-être aussi dans ce cas une mobilité bien définie, ou si, il subit des transformations plus ou moins

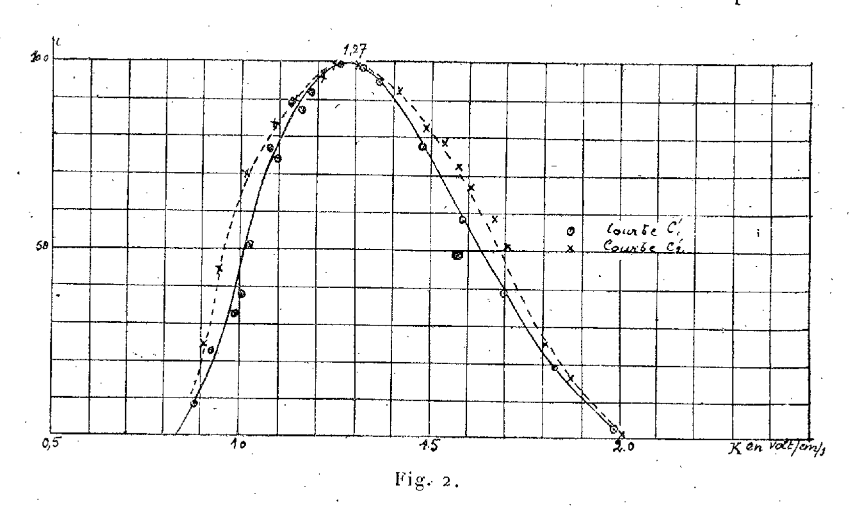


Fig. 2.

nombreuses, auquel cas les mobilités observées ne seraient que des mobilités moyennes.

Lorsqu'il sera question par la suite d'ions d'une certaine mobilité, il devra être entendu que cette expression désigne seulement des ions de même mobilité apparente, sans rien présumer sur le caractère permanent de leur structure et de leur mobilité.

On peut remarquer que, à chaque valeur de t comprise entre t_1 et t_2, correspond, d'une part, une valeur de i (courbe C_1 *fig.* 1) et, d'autre part, une valeur de K déduite de la formule (1); on peut donc déduire de la courbe C_1 une courbe C'_1 où K est porté en abscisses et i en ordonnées; on peut opérer de la même manière à partir de la courbe C_2.

La figure 2 représente non les courbes C'_1 et C'_2 ainsi déduites mais ces courbes corrigées de façon à tenir compte du phénomène de diffusion et du pouvoir séparateur de l'appareil; ces courbes coïncident presque exacte-

ment; dans une prochaine Note, je montrerai qu'il doit bien en être ainsi, car elles représentent toutes les deux la distribution du nombre d'ions de différentes mobilités.

Ces courbes sont relatives aux ions positifs dans l'air sec, je donnerai les courbes de répartition relatives à l'air à différents degrés d'humidité, à l'oxygène, à l'azote, au gaz carbonique et à l'argon.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Influence du sucre sur le dosage de l'ammoniaque dans les moûts de raisins*. Note de MM. **Jules Ventre** et **Émile Bouffard**, présentée par M. Lindet.

Dans une étude publiée par l'un de nous en 1923, l'auteur se demandait, étant donnée la pauvreté en ammoniaque de certains moûts de raisins, comment la fermentation pouvait s'effectuer d'une façon complète et cela, malgré une très grande richesse en sucre.

Voulant reprendre l'étude de l'action des matières ammoniacales sur la vitesse de la fermentation alcoolique, et surtout sur les besoins des ferments en cet élément, nous avons été amenés à entreprendre un certain nombre de recherches pour doser l'ammoniaque en présence des liqueurs sucrées. Trois méthodes ont été essayées : celle de Duclaux et celle de Laborde, inspirées toutes deux des principes de Boussingault, à la magnésie, la troisième également, mais où Müntz recueillait l'ammoniaque dans le vide et par siccité.

Ces trois méthodes permettent d'obtenir la même dose d'ammoniaque quand on opère sur des solutions salines de sulfate ou de chlorure. Mais, en présence d'un moût de raisin, elles donnent des chiffres, variant de 7 pour 100 de leur valeur. Ce même fait se retrouve en présence du sucre inverti artificiel.

Il paraît donc y avoir rétention d'ammoniaque par le moût, puisque, après l'épuisement apparent de l'ammoniaque, l'essai au réactif de Nessler reste positif.

Il semble que cette rétention soit due à la présence simultanée dans le milieu, de sucre et d'ammoniaque. De façon à nous rendre compte de l'influence de cette matière sucrée qui est un des éléments les plus importants du moût, nous avons effectué de nouvelles déterminations, mais en recourant alors à des liquides renfermant en solution aqueuse des quantités progressives de sucre inverti. Ces solutions recevaient, en outre, et uniformément 100^{mg} d'ammoniaque, sous forme de sulfate :

AzH^3 *en milligrammes par litre.*

	Concentration en sucre (pour 100).				
	6.	12.	18.	24.	30.
Procédé Duclaux...	97,0	91,8	87,0	82,6	78,5
» Laborde...	87,7	78,0	71,0	61,2	46,0
» Müntz....	98,7	98,25	97,8	97,0	96,7

Nous voyons que la rétention d'ammoniaque est bien fonction de la concentration du sucre et qu'elle est d'autant plus importante que la richesse en sucre est plus élevée.

La nature des sucres en présence joue-t-elle un rôle dans cette rétention de l'ammoniaque ?

Nous nous le sommes demandés et nous avons recherché, toujours dans des milieux synthétiques et aqueux, renfermant uniformément 100^{mg} d'ammoniaque par litre, quelle était l'influence du saccharose, du glucose et du lévulose sur l'exactitude du dosage. Voici les résultats auxquels nous sommes arrivés, la concentration des sucres ayant été fixée d'une façon également uniforme à 24 pour 100 dans tous les essais :

	Nature des sucres.		
AzH^3 recueilli.	Saccharose.	Glucose.	Lévulose.
Procédé Duclaux.........	99,2	90,0	78,0
» Laborde.........	99,2	83,0	48,5
» Müntz..........	99,3	99,2	93,1

Il apparaît donc que le lévulose a sur la retenue de l'ammoniaque une action infiniment plus importante que le glucose. Comme le moût de raisin est sensiblement constitué à maturité de quantités égales de ces deux sucres, on pourra admettre, en principe, que la rétention sera, à peu de chose près, égale à la moyenne des retenues inhérentes à chacun des sucres.

Le saccharose se montrant sans action sur le dosage, on peut également admettre que la rétention d'ammoniaque est uniquement le fait de sucres réducteurs avec lesquels il peut se former des corps azotés indécomposables par les bases fortes et semblables aux glucosines de Tanret.

La *richesse en acidité* du milieu, ainsi que la *quantité de magnésie* utilisée dans le dosage, ne paraissent avoir aucune influence sur la libération de l'ammoniaque.

La rétension de l'ammoniaque fonction de la concentration en sucre ne permettrait-elle pas d'expliquer, tout au moins dans une certaine mesure, les

différences de richesses ammoniacales des moûts de raisin au cours de la maturité et telles qu'elles ressortent de l'étude de Laborde et Despagne ? C'est ce que nous nous proposons de contrôler lors des prochaines vendanges.

Des trois méthodes étudiées, la seule qui paraisse donner des résultats toujours constants est celle du vide, avec dilution et distillation poussée jusqu'à siccité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. **J. Bougault**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'action de l'acide chlorhydrique en solution acétique sur l'acide amidé (I), à fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone,

$$(I)\quad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH^2.C\,OH.CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C\,OH - CONH^2 \end{array} \qquad (II)\quad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH^2.C \\ O\langle\,|\,\rangle O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C - CO \end{array}$$

fournit, suivant les conditions opératoires, deux lactones isomères, mais de constitution différente; je les ai décrites dans deux Notes récentes [1]. A celle qui fond à 82° j'ai donné la formule (II) et indiqué qu'elle s'hydrate par les alcalis en donnant l'acide-alcool correspondant, fondant à 142°, et susceptible de régénérer la lactone par déshydratation.

I. Ce nouvel acide est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, peu soluble dans le benzène et l'éther. Toutefois, il se dissout facilement dans ce dernier dissolvant au moment même de sa mise en liberté, par un acide, à partir de la solution de son sel de soude; mais, à peine dissous, il se sépare à l'état cristallisé. Cette circonstance peut être utilisée avec profit pour sa purification.

Lorsqu'on cherche à repasser de cet acide-alcool à la lactone qui lui a donné naissance, on observe en même temps une curieuse transformation.

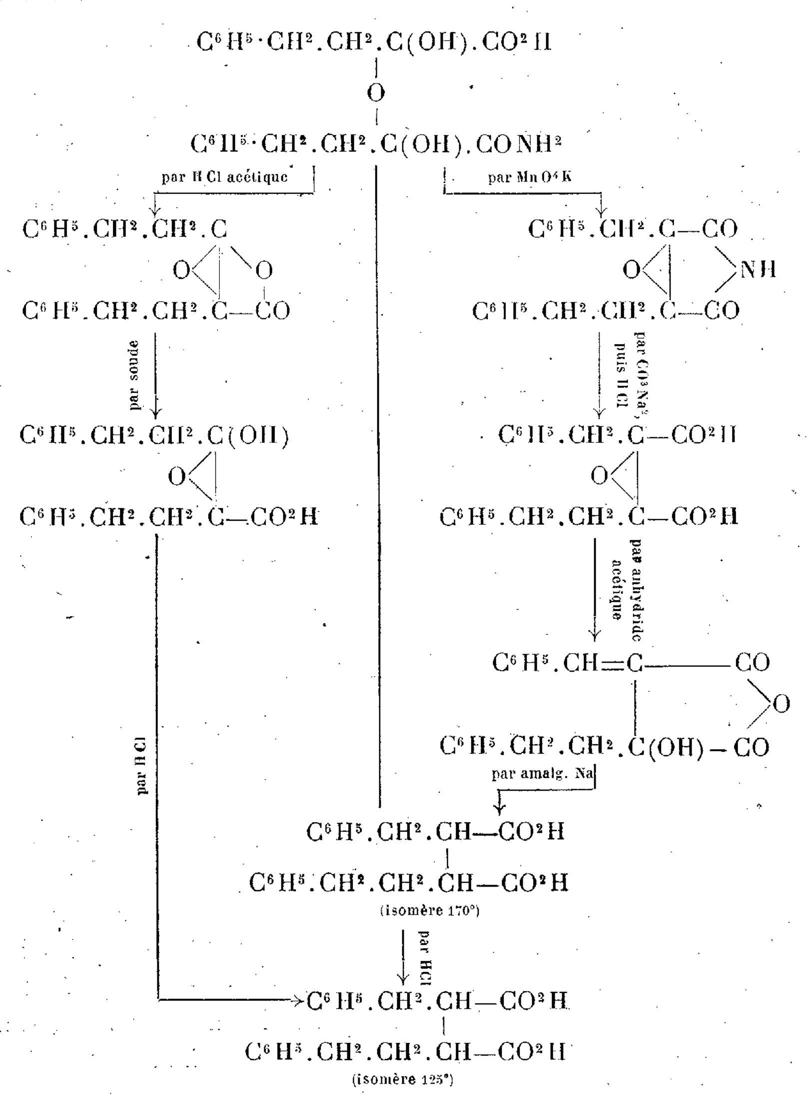
Chauffe-t-on, par exemple, cet acide avec l'anhydride acétique, on isole deux anhydrides, l'un fondant à 82°, c'est la lactone attendue, l'autre fondant à 74°. Leur séparation, presque impossible par les dissolvants neutres, s'effectue en utilisant la propriété que possède la lactone (II) de donner, avec la soude étendue à froid, un dérivé sodé, soluble dans l'eau.

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 136 et 582.

L'éther enlève l'autre anhydride et la lactone est ensuite libérée de sa combinaison sodique par acidulation,

Le deuxième corps, celui qui fond à 74°, n'est autre chose que l'anhydride d'un des acides benzylphényléthylsucciniques que j'ai obtenus antérieurement ([1]) et dont j'ai réalisé la synthèse; c'est l'anhydride de l'isomère fondant à 125°.



([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1944, et **181**, 1925, p. 247.

Il résulte de là que, sous l'action de l'anhydride acétique, l'acide-alcool s'est converti par isomérisation en un acide bibasique. D'ailleurs, cette même transformation s'effectue aussi par ébullition avec l'acide chlorhydrique étendu.

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5.CH^2.CH^2.COH & & C^6H^5.CH^2.CH.CO^2H \\ O\langle\ \vert & \rightarrow & \vert \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C.CO^2H & & C^6H^5.CH^2.CH^2CH.CO^2H. \end{array}$$

Cette isomérisation inattendue vient compléter la série des réactions curieuses et très spéciales fournies par le groupement éther-oxyde d'hydrate de cétone.

II. On peut résumer l'ensemble des faits, annoncés dans mes diverses Notes sur ce sujet, par le Tableau de la page 787, où l'on aperçoit nettement par quelle suite de réactions l'acide amidé (I) conduit, par deux voies différentes, aux mêmes acides isomères benzylphényléthylsucciniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'éthylallène.* Note de M. **Marcel Bouis**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les carbures alléniques actuellement connus sont en très petit nombre, aucune méthode vraiment générale n'ayant été proposée pour leur préparation. J'expose dans cette Note un procédé de synthèse, susceptible de généralisation, que j'ai appliqué au cas particulier de l'éthylallène

$$C^2H^5 - CH = C = CH^2,$$

non encore décrit.

La matière première employée est le vinyléthylcarbinol

$$CH^2 = CH - CHOH - C^2H^5,$$

que l'on prépare, comme on le sait, au moyen de l'acroléine et du bromure d'éthylmagnésium. Cet alcool est ensuite traité par le tribromure de phosphore en léger excès, dans le but d'obtenir un éther bromhydrique. En ajoutant à l'alcool 20 pour 100 de pyridine, on empêche l'hydracide, qui se dégage toujours en plus ou moins grande quantité dans cette réaction, de se fixer sur la double liaison. Ce mode opératoire m'a été recommandé par M. A. Kirrmann, qui l'a appliqué avec succès à d'autres alcools non saturés [1]. On obtient ainsi, avec un excellent rendement (90-95 pour 100),

[1] Communication personnelle de M. Kirrmann.

un bromure C^5H^9Br, bouillant à 123-124° sous 760^{mm}, et à 35° sous 25^{mm}, ayant comme constantes : $d_{20} = 1,2545$; $n_D^{20} = 1,4731$. Cet éther bromhydrique n'est pas celui correspondant au vinyléthylcarbinol, comme le montre déjà son point d'ébullition.

Il y a eu isomérisation totale et formation de bromo-1-pentène-2

$$CH^2Br - CH = CH - C^2H^5.$$

Pour le démontrer, j'ai préparé l'éther acétique

$$CH^3COO - CH^2 - CH = CH - C^2H^5,$$

en traitant ce bromure par l'acétate de sodium en solution acétique. Tandis que l'acétate du vinyléthylcarbinol bout à 132°, le produit ainsi obtenu bout à 149-151°. Les constantes sont $d_{22} = 0,9019$; $n_D^{22} = 1,4219$.

Cet acétate a été signalé par J. Baudrenghien, qui a observé des transpositions moléculaires partielles du même genre, avec d'autres réactifs (1). La saponification de cet éther-sel m'a conduit ensuite à l'alcool β-éthylallylique $C^2H^5 - CH = CH - CH^2OH$, qui a été obtenu récemment par un procédé tout différent (2). J'ai trouvé comme constantes : Eb : 138-139°, $d_{23} = 0,8444$, $n_D^{23} = 1,4359$. Il est donc établi que le bromure décrit ci-dessus a pour formule $CH^2Br - CH = CH - C^2H^5$.

Ce composé fixe quantitativement du brome, ce qui donne la tribromhydrine de l'éthylglycérine (tribromo-1.2.3-pentane)

$$CH^2Br - CHBr - CHBr - C^2H^5. \ Eb_{18} : 122\text{-}124°, \ d_{19} = 2,0714, \ n_D^{19} = 1,5580.$$

Ce tribromure avait déjà été obtenu en traitant l'alcool

$$CH^2Br - CHBr - CHOH - C^2H^5$$

par le pentabromure de phosphore (3), mais le procédé qui vient d'être décrit est d'une application plus facile et conduit, avec de bien meilleurs rendements, à un produit plus pur.

La potasse solide, employée en excès, enlève une molécule d'acide bromhydrique au tribromure précédent et l'on obtient ainsi, avec un rendement de 75 à 80 pour 100, un dibromopentène auquel il convient d'attribuer la formule $CH^2 = CBr - CHBr - C^2H^5$. C'est l'épidibromhydrine de l'éthylglycérine (dibromo-2.3-pentène-1). C'est un liquide qui

---

(1) J. BAUDRENGHIEN, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **31**, 1922, p. 160, et **32**, 1923, p. 337.

(2) R. DELABY, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1898, et **181**, 1925, p. 722.

(3) R. DELABY, *Ann. Ch.*, 9e série, **20**, 1923, p. 50.

bout vers 173° sous 760^{mm}, en se décomposant partiellement, et à 75-76° sous 12^{mm}, sans décomposition. Ses constantes sont :

$$d_{19} = 1,7442; \quad n_D^{19} = 1,5316.$$

L'action de la poudre de zinc et de l'alcool élimine les deux atomes de brome de cette épidibromhydrine, et conduit ainsi, avec un bon rendement, à l'éthylallène (pentadiène-1.2) $C^2H^5 - CH = C = CH^2$. Ce carbure est un liquide incolore, très mobile, d'odeur alliacée, bouillant à 44-45° sous la pression normale. Il précipite les solutions de chlorure mercurique. Ses constantes sont : $d_{20} = 0,6890$, $n_D^{20} = 1,4149$. L'analyse a donné des résultats satisfaisants.

Cette molécule fixe du brome, ce qui conduit au tétrabromo-1.2.2.3-pentane $CH^2Br - CBr^2 - CHBr - C^2H^5$, liquide bouillant vers 120° sous 3^{mm}, et ayant pour constantes : $d_{22} = 2,2839$, $n_D^{22} = 1,5916$.

Je continue par cette voie l'étude de la préparation et des propriétés des carbures alléniques, en série acyclique et en série cyclique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cétones mixtes dérivées de l'α-mononitrile de l'acide camphorique*. Note de M. F. **Salmon-Legagneur**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note précédente en collaboration avec M. Haller [1] nous avions décrit une cétone amide fondant à 172°-175° obtenue en condensant le bromure de phénylmagnésium avec l'éther méthylique de l'α-mononitrile acide camphorique. D'après son mode de formation ce composé pouvait répondre soit à la formule (I) du benzoyl-1-triméthyl-1.2.2-carbonylamide-3-cyclopentane, soit à celle du carbonylamide-1-triméthyl-1.2.2-benzoyl-3-cyclopentane (II) :

$$\begin{array}{l} CH^2 — CH — CONH^2\alpha \\ |\ CH^3 — C — CH^3 \\ CH^2 — C — COC^6H^5\beta \\ \qquad\quad CH^3 \\ \qquad\quad (I) \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^2 — CH — COC^6H^5\alpha \\ |\ CH^3 — C — CH^3 \\ CH^2 — C — CONH^2\beta \\ \qquad\quad CH^3 \\ \qquad\quad (II) \end{array}$$

Pour différentes raisons nous lui avions attribué la formule (I).

[1] Haller et Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 883.

Afin d'établir définitivement la constitution de notre produit et de l'acide qui en dérive par saponification nous avons cherché à réaliser par une méthode différente la synthèse de l'une et l'autre de ces cétones amides. Pour cela, nous avons condensé le benzène en présence de $AlCl^3$ avec successivement les chlorures de l'α et du β-mononitrile de l'acide camphorique. Cette réaction devait nous donner les cétones nitriles qui par hydratation devaient nous conduire aux amides puis aux acides.

La première de ces condensations nous a donné, non pas la cétone-nitrile attendue mais un cyanure (éb. = 153°-155° sous 3mm,5; pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{14°} = +21°12'$) obtenu avec dégagement quantitatif de CO et auquel nous pensons pouvoir attribuer la constitution

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\ \alpha\\ C^6H^5\ \beta\end{matrix}\right. .$$

Par saponification énergique, ce dernier conduit à l'acide $C^{15}H^{20}O^2$ de Bürcker et Blanc [1] mais on ne saurait lui donner une formule définitive car une transposition rétro-pinacolique quoique peu probable est toujours possible dans le cas présent [2].

Avec le chlorure du β-mononitrile-acide-camphorique obtenu par action de $SOCl^2$ sur l'acide (éb. = 148-149° sous 17mm) la condensation permet d'isoler la cétone-nitrile attendue (f. 58-59°)

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COC^6H^5 & \alpha\\ CN & \beta\end{matrix}\right.$$

ou méthylnitrile-1-triméthyl-1.2.2-benzoyl-3-cyclopentane.

L'amide (f. 172-175°), l'oxime de l'amide (f. 194-196°) et l'acide (f. 169-170°), résultant de l'hydratation par les acides de cette cétone-nitrile, se sont montrés identiques aux dérivés correspondants obtenus à partir de C^6H^5MgBr et de $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\ CO^2CH^3\end{matrix}\right.$. Il faut donc attribuer à ces derniers la constitution (II).

Ainsi le bromure de phénylmagnésium agissant sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique conduit à un composé dans

(1) BÜRCKER, *Bull. Soc. chimique*, 3e série, **13**, 1895, p. 901, et BLANC, *Bull. Soc. chimique*, 3e série, **21**, 1899, p. 838.

(2) Voir comme exemple de cette transposition la préparation de l'acide isolamonolique à partir de l'anhydride camphorique et de $AlCl^3$ (BLANC, *Bull. Soc. chimique*, 3e série, **25**, 1901, p. 73).

lequel le groupement amidé se trouve en position β. Il est possible d'expliquer ce fait en admettant que le dérivé organomagnésien se cyclise avec élimination d'une molécule de CH^3OMgBr et formation d'un produit intermédiaire instable facilement hydrolysable suivant le processus ci-dessous :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CN & \alpha \\ COOCH^3 & \beta \end{matrix}\right. \xrightarrow{+C^6H^5MgBr} C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C\left\langle\begin{matrix} C^6H^5 \\ NMgBr \end{matrix}\right. \\ COOCH^3 \end{matrix}\right.$$

$$\rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C-C^6H^5 \\ \quad\;\; \| \;\; N \\ CO \diagup \end{matrix}\right. \xrightarrow{+H^2O} C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CO-C^6H^5 & \alpha \\ CO-NH^2 & \beta \end{matrix}\right.$$

GÉOLOGIE. — *Sur la granulitisation des écrasements et la genèse des gneiss granulitiques du massif du Pilat, près Saint-Étienne.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

Les granulites franches du massif du Pilat apparaissent dans le granite, dans les gneiss et même dans les micaschistes, sous forme de grands filons, d'amas irréguliers ou de lentilles interstratifiées. Leur répartition est indépendante de toute limite tectonique et l'observation directe semble prouver sur divers points que *leur mise en place a été postérieure aux mouvements essentiels du Cristallophyllien*. Au contact de la mylonite et des gneiss fortement laminés de Planfoy, la granulite apparaît parfaitement intacte et tout à fait fraîche. Elle est postérieure à l'écrasement qu'elle a sans doute en partie absorbé. Au barrage de Rochetaillée, on observe un phénomène identique. Les gneiss laminés ou écrasés de Laval, près de la Valla, ont été également partiellement *repris* par la granulite. Le microscope montre la matière isotrope et les débris informes des feldspaths anciens entourés par le quartz récent.

Dans la région comprise entre le Bessat et la Valla, le développement de la granulite masque parfois complètement le prolongement des zones laminées. En place de mylonite ou des gneiss laminés habituels, on observe une roche compacte, blanche, sans trace de chlorite; au premier examen, elle semble tout à fait saine. Pourtant le dessin des taches claires, jaunes ou roses sur le blanc, évoque un peu le faciès d'une brèche recristallisée. En fait, un examen attentif y décèle des feldspaths tordus ou étranglés dont les contours sont souvent effacés par les cristallisations secondaires. *Sur divers points, par exemple aux Sagnes et sur la croupe au nord de Doizieu, on*

observe le passage continu de cette roche, d'une part à la granulite franche, de l'autre à un gneiss fortement laminé. Sous le microscope, le laminage ancien est évident. La roche compacte qui affleure au village de Doizieu montre ainsi la biotite et le quartz écrasés, des parties chloriteuses complètement broyées et les éléments intacts d'une seconde cristallisation. Le quartz récent, granulitique ou même globulaire, a entamé les feldspaths anciens ou s'est développé en leur milieu. *Ainsi se trouve défini un nouveau faciès d'écrasement que l'on peut nommer mylonite granulitisée.* Près du Planil, un écrasement continu a subi une transformation analogue sur les points où il est touché par une grande masse granulitique, qui a surtout absorbé les micaschistes au-dessus du contact anormal. A côté de la matière écrasée isotrope, incolore ou limonitique, apparaissent les éléments nouveaux, feldspaths et quartz granulitique et même quartz filonien. Là encore il ne s'agit pas d'une granulite écrasée, mais d'une mylonite granulitisée.

Plus à l'Est, par exemple à la Croix de Montvieux et au Moulin Poyet, les gneiss à mica noir bouleversés, chloritisés et partiellement transformés en mylonite, sont mêlés à la granulite fraîche qui les absorbe. Sur la rive droite du Rhône le sentier du Rozay à Condrieu recoupe près du Rozay une masse importante de granulite, puis un gneiss à mica noir très laminé, de nouveau la granulite, *enfin un bel amas de mylonite verdâtre que la granulite fraîche traverse et absorbe.* A quelques pas affleure le granite de Condrieu que traversent aussi de grands filons de granulite. *Sur tous ces points la granulite est nettement postérieure aux phénomènes de poussée et d'écrasement.*

Il est plus important encore de noter que, dans les *gneiss granulitiques, les déformations mécaniques sont antérieures à la cristallisation des éléments granulitiques.* On démontre par cela même que ces *gneiss résultent de la granulitisation d'une série cristallophyllienne ancienne.* Les gneiss œillés granulitiques, où les déformations mécaniques sont évidentes, apparaissent fréquemment dans les zones laminées partiellement absorbées par la granulite et ne peuvent être séparés des mylonites granulitisées précédemment décrites. Sur la croupe au nord de Doizieu, l'association étroite du gneiss œillé fortement laminé, de la mylonite verdâtre aphanitique et d'une granulite très fraîche, éclaire ainsi à la fois le problème de la signification tectonique des gneiss œillés (¹) et celui de la granulitisation. De même, au-dessus du Rhône, près de Semons, on rencontre, côte à côte, de la mylonite,

(¹) A. Demay, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 645.

un *gneiss œillé tout verdi de chlorite, un gneiss œillé granulitique dont le laminage est révélé seulement par la dislocation des feldspaths et une belle granulite rosée, terme final de l'absorption.* Au microscope, on distingue d'ailleurs souvent les deux temps de cristallisation. Pour un gneiss du Priel, à l'intérieur et autour des feldspaths anciens déchiquetés et altérés se sont développés les éléments granulitiques récents, quartz en grains, biotite et muscovite à contours nets, petits feldspaths intacts et peu altérés. Dans les granulites gneissiques, seul le microscope permet d'affirmer le phénomène de granulitisation. Il met en évidence dans un échantillon du Crêt de la Perdrix le quartz granulitique ou globulaire tout autour des feldspaths anciens ou à leur intérieur. Pour les gneiss granulitiques à grain fin, si l'on tient compte du passage continu qui peut être observé parfois avec la granulite franche et de la structure microscopique, le phénomène de granulitisation est tout au moins probable.

En résumé, *les granulites du massif du Pilat sont postérieures aux écrasements, postérieures donc au charriage du Cristallophyllien.* Parfois elles masquent la continuité des écrasements. Parfois elles ont seulement régénéré la roche écrasée et donné naissance aux *mylonites granulitisées. Les gneiss granulitiques eux-mêmes résultent de la granulitisation de gneiss anciens. Ce métamorphisme est postérieur aux phénomènes de laminage et par suite au charriage du Cristallophyllien.* Il est en rapport avec les venues granulitiques. On rejoint ainsi par un détour tectonique l'idée générale de la granulitisation que M. Pierre Termier formulait dès 1889 et l'on comprend les difficultés auxquelles se heurta longtemps l'hypothèse du charriage des gneiss granulitiques, hypothèse qui semble bien, maintenant, devenir une certitude.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles recherches sur le déplacement des discontinuités.* Note de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

Le problème du déplacement des discontinuités consiste à déterminer l'énergie relative de l'air chaud et de l'air froid séparés par une surface de glissement. Un premier moyen de reconnaître l'air le plus « actif » nous a été fourni par la construction des variations vectorielles du vent pour des points situés au voisinage de la surface ([1]). L'objet de cette Note est d'en

([1]) *Sur le déplacement des fronts de discontinuité* (*Comptes rendus*, 179, 1924 p. 1279).

exposer un autre basé sur la variation vectorielle des gradients thermiques.

Si aucune cause locale ne modifiait les conditions d'équilibre théorique d'une surface de discontinuité, le mouvement de l'air s'effectuerait adiabatiquement suivant des lignes d'égale température potentielle (lignes isentropiques) contenues dans des plans parallèles à la surface (plans isentropiques). Dans les conditions normales, le mouvement n'est pas stationnaire et les plans isentropiques sont inclinés sur la surface d'équilibre. Toute modification de l'état stationnaire doit donc être accompagnée d'une variation des gradients isentropiques aussi bien dans le sens horizontal que dans le sens vertical. Par exemple, si les surfaces isentropiques se redressent par rapport à la surface de discontinuité, il y a augmentation du gradient isentropique horizontal et diminution du gradient isentropique vertical. Il en résulte une variation du contraste des températures de l'air chaud et de l'air froid et aussi, comme nous l'avons montré (1), du contraste des vitesses horizontales dans le sens parallèle à la discontinuité.

Une masse d'air placée au voisinage d'une surface de discontinuité prend, pour un observateur lié à la surface, une accélération dirigée tangentiellement à celle-ci, égale et opposée à celle que prend la masse d'air située de l'autre côté. Le glissement relatif des deux masses en présence ne pourrait servir à lui seul à déterminer le déplacement ultérieur de la couche de séparation, mais il n'en est plus de même si l'on sait de quel côté se trouve l'air le plus « actif ». Or, c'est celui dans lequel les surfaces isentropiques s'écartent davantage de leur position initiale pendant un certain intervalle de temps.

La variation vectorielle des gradients isentropiques horizontaux peut ainsi être utilisée pour la détermination de l'air « actif ». Supposons, par exemple, que l'air chaud se réchauffe (potentiellement) plus que l'air froid. Les surfaces isentropiques se redressent donc plus du côté chaud que du côté froid par rapport à la surface théorique de discontinuité. Dans ces conditions, la variation du gradient isentropique est positive dans le plan horizontal et négative dans le plan vertical, avec une valeur absolue plus grande pour l'air chaud que pour l'air froid. L'air chaud est alors air « actif », et la surface de discontinuité est un front chaud.

En pratique, on utilise ce résultat de la manière suivante : on détermine de 6 heures en 6 heures la variation vectorielle du gradient isentropique

(1) *Sur la répartition des forces au voisinage d'une discontinuité* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 429).

horizontal, en des points occupant la même position par rapport au front de discontinuité, puis on retranche géométriquement les vecteurs ainsi obtenus du côté de l'air froid de ceux obtenus du côté de l'air chaud. La composante normale au front des vecteurs résultant de cette opération est dirigée dans le sens du déplacement de la discontinuité et donne une idée de sa vitesse de propagation.

MÉTÉOROLOGIE. — *Influence de la température d'un mois sur celle du mois suivant*. Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

D'après A. Angot, la température d'un mois n'a, à Paris, aucune influence sur celle du mois suivant; les mois chauds et froids s'y succèdent tout comme la rouge et la noire à la roulette.

S'il en était effectivement ainsi, les choses ne se passeraient pas à Paris comme en plusieurs autres lieux de la terre où l'on a trouvé une relation très nette entre les écarts de température de deux mois consécutifs (¹).

En réalité, si l'on a soin de ne pas mêler ensemble les grands écarts, dont l'influence est relativement forte, et les petits qui n'en ont guère, les résultats qu'on obtient sont nettement contraires à l'opinion précitée.

Ceux qui vont être exposés sommairement ici sont fondés sur 120 années d'observations faites de 1803 à 1872 à l'Observatoire astronomique et de 1873 à 1922 à l'Observatoire météorologique de Montsouris. Dans chacune des deux séries on a pris l'écart de la température moyenne de chaque mois à la moyenne générale du même mois dans la série. On a ainsi formé pour l'ensemble des 120 années un tableau d'écarts mensuels comparables entre eux.

Pour chaque mois de l'année, les 120 écarts, en degrés et dixièmes, ont été rangés par ordre de valeur algébrique croissante et classés en quatre groupes de 30 environ (²), que nous désignerons par : très froids, froids, chauds et très chauds. C'est sur cette base qu'a été dressé le tableau suivant :

(¹) Voir notamment Hamberg, *Moyennes mensuelles et annuelles de la température, etc., à l'Observatoire de Stockholm*. Upsal, 1906.

(²) Les inégalités résultent de l'existence fréquente, à la limite des groupes, de plusieurs écarts égaux qu'on ne pouvait, sans arbitraire, répartir entre les deux groupes contigus.

TABLEAU I. — *Écart moyen de la température après un mois très froid, froid, chaud ou très chaud.*

	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
froid..	−0°,2	−0°,7	0°,0	+0°,2	0°,0	−0°,9	−0°,5	−0°,5	−0°,3	0°,0	−0°,7	−0°,3	−0°,33
d......	−0,3	0,0	−0,3	+0,1	0,0	+0,3	−0,2	+0,2	−0,1	0,0	+0,4	−0,2	−0,01
ad.....	−0,1	+0,2	−0,2	−0,1	−0,2	+0,1	−0,1	0,0	+0,2	+0,1	0,0	+0,3	+0,02
chaud.	+0,6	+0,5	+0,5	−0,2	+0,2	+0,5	+0,8	+0,3	+0,2	−0,1	+0,3	+0,2	+0,32

Comme on le voit, après un mois modérément froid ou chaud, l'écart est à peu près quelconque. Au contraire, les mois très froids ou très chauds tendent à être suivis d'un mois s'écartant de la normale dans le même sens. Avril et octobre font toutefois exception, ce qui se comprend, car la permanence d'une même situation a généralement des effets opposés de part et d'autre des équinoxes : une faible nébulosité, par exemple, comporte la chaleur en été et le froid en hiver.

Dans le tableau II on a cherché à préciser, pour l'hiver et pour l'été, la relation entre l'écart thermique d'un mois et celui du mois suivant, en formant huit groupes au lieu de quatre.

EAU II. — *Écart moyen de la température après un mois d'hiver ou d'été plus ou moins froid ou chaud*

	Très froid.		Froid.		Chaud.		Très chaud.	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
, janv., févr...	−0°,35	−0°,43	−0°,14	−0°,23	−0°,07	+0°,39	+0°,29	+0°,55
juillet, août..	−0,99	−0,33	+0,20	0,00	+0,06	−0,01	+0,64	+0,41

Le Tableau III répond, pour chacune des quatre saisons, à une question un peu différente :

TABLEAU III. — *Probabilité (pour 100) d'une moyenne mensuelle en déficit ou en excès après un mois très froid, froid, chaud ou très chaud.*

	Hiver.		Printemps.		Été.		Automne.	
	Déficit.	Excès.	Déficit.	Excès.	Déficit.	Excès.	Déficit.	Excès.
T. F......	55	45	48	52	66	34	56	44
F.........	54	46	58	42	47	53	48	52
C........	45	55	52	48	49	51	47	53
T. C......	44	56	45	55	36	64	52	48

Un examen plus détaillé montre que dans les deux saisons extrêmes, les seules où l'influence d'un mois sur l'autre soit bien nette, un mois très froid tend à être suivi d'un mois non seulement en déficit, mais très froid et

qu'après un mois très chaud, c'est aussi un mois très chaud qui est le plus probable.

Cette loi statistique de succession est particulièrement constante pour certains mois de l'année :

Après un mois de janvier très chaud (excès au moins égal à 1°,9), la moyenne de février a été supérieure à la normale 13 fois sur 19 dans la série de l'Observatoire astronomique et 8 fois sur 12 dans celle de Montsouris.

Un mois de février très froid (déficit au moins égal à 1°,6) a été suivi d'un mois de mars plus froid que la normale 12 fois sur 19 et 8 fois sur 11.

De même, à la suite d'un mois d'août très froid (écart de 1° au moins), la température de septembre a été en déficit 11 fois sur 16 et 10 fois sur 15.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte du genre Solenopora dans le Jurassique de France.* Note (¹) de Mme **P. Lemoine** et M. **G. Delépine**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les *Solenopora* d'abord décrits comme polypiers sont des algues calcaires voisines des Mélobésiées. Comme elles, les *Solenopora* ont joué un rôle géologique important dans la construction des récifs coralliens. Au Paléozoïque ce genre est représenté par quelques espèces en différentes régions de l'Hémisphère Nord. Au Jurassique il n'était connu qu'en Angleterre; nous le signalons pour la première fois en France (Ardennes) dans deux étages : Bathonien et Argovien.

Les *Solenopora* se présentent sous l'aspect de nodules de 5 à 12cm à surface plus ou moins irrégulière ou bosselée. Elles ont conservé leur couleur originelle rose dans la masse de leur tissu et même sur leur surface externe. Une section verticale montre des zones concentriques très apparentes soulignées par des variations de coloration : des zones d'un blanc rosâtre sont séparées par des zones d'un rose lie de vin. A la loupe la texture est dans certaines parties finement fibreuse; l'aspect moins grenu, parfois ivoirin, les distingue des Polypiers qui ne montrent pas de zones d'accroissement mais plutôt des sortes de paliers.

Le tissu est composé de files cellulaires étroitement juxtaposées; la dis-

(¹) Séance du 15 mars 1926.

position est la même que dans les Mélobésiées; mais les cellules sont cinq à dix fois plus grandes (60 à 300$^{\mu}$ de longueur, 40 à 70$^{\mu}$ de largeur.

1. *Solenopora* du Bathonien moyen. Elles ont été trouvées au Nord de Chemery, à 12^{km} sud-sud-ouest de Sedan dans les calcaires les plus élevés du Bathonien moyen, caractérisés par *Anabacia orbulites*, *Corbis Lajoyei*, *Pholadomya Murchisonæ*, et riches en foraminifères. Ce calcaire blanc, crayeux, finement grenu, contenant quelques oolithes, plus abondantes par place, passe latéralement à des lentilles ou à des bancs de calcaire plus dur, formé de grains plus grossiers, irréguliers, qui sont des fragments roulés de crinoïdes, de test d'échinides, de gastéropodes, de lamellibranches. A ce niveau apparaît aussi un cordon de polypiers que l'on suit de Vendresse à Pouilly-sur-Meuse sur 25^{km}, mais qui ne prend nulle part le développement d'une formation récifale.

Les *Solenopora* de cet étage paraissent appartenir au *S. jurassica* Nich., de la grande oolithe de Chedworth (C^{o} de Gloucester) dont nous avons examiné des plaques minces et des échantillons grâce à l'amabilité du Professeur Garwood.

2. *Solenopora* de l'Argovien. Elles ont été récoltées à 1^{km} Nord des Petites Armoises (W. du Chesne). Un récif à polypiers y passe au Sud à des calcaires crayeux, en bancs, à grain fin ou à petites oolithes; l'un de ces bancs est constitué par des calcaires lités avec menus débris roulés de plus gros calibre; des éboulis de ces calcaires ont montré *Diceras*, *Cardium* et des nodules de *Solenopora*.

Les *Solenopora* argoviennes, assez voisines de celles du Bathonien sont moins bien conservées comme structure; avant de les dénommer spécifiquement il serait indispensable de les comparer avec celles du coral rag d'Angleterre qui paraissent encore mal connues.

Quoi qu'il en soit, toutes les *Solenopora* jurassiques sont voisines les unes des autres. Les conditions de milieu dans lesquelles se sont développées ces algues étaient d'ailleurs à peu près les mêmes aux deux époques, aussi bien en Angleterre qu'en France. Mais, dans l'Argovien des récifs à polypiers bien développés sont à proximité des gisements d'algues; dans le Bathonien moyen il n'y a pas de récif à proprement parler.

La conservation de la couleur des *Solenopora* jurassiques français et anglais permet de préciser les conditions de dépôts : à l'époque actuelle la couleur rose des Mélobésiées disparaît soit dans le gisement même lorsque l'algue est morte, soit au bout d'un petit nombre de jours d'exposition à la lumière du soleil. Nous en déduisons que les *Solenopora* ont subi un enfouissement rapide alors qu'elles étaient encore à l'état de vie : ces conditions ont été pleinement réalisées au Bathonien.

Cette conservation de la couleur, déjà signalée pour les Mélobésiées du Leithakalk de Vienne est également connue en ce qui concerne les coquilles de différents terrains entre autres du Bathonien. Collot avait remarqué

qu'on observait ces coquilles dans les sédiments à pâte fine, compacts, qui auraient empêché la circulation d'eaux chargées d'oxygène. En ce qui concerne les algues une autre condition indispensable est celle de la rapidité d'enfouissement.

L'association d'algues calcaires (*Solenopora*) aux récifs coralliens jurassiques aussi bien que paléozoïques, comparée à l'association de certaines Mélobésiées aux récifs actuels, indique une persistance remarquable des conditions de faciès. La conservation de la coloration qui disparaît dans les Mélobésiées actuelles en une huitaine de jours, indique une activité considérable de la sédimentation sur les bords des récifs coralliens jurassiques.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur l'hérédité acquise par greffe chez l'Helianthus Dangeardi.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Par suite de son greffage sur le Soleil annuel, le Topinambour est mis dans l'impossibilité de former comme à l'ordinaire les tubercules souterrains permettant la multiplication de l'individu. Il lutte contre ces conditions de milieu défavorables à l'aide de toutes les réactions dont il dispose. Il donne des tubercules aériens, prolonge la durée de sa tige, forme des réserves en des régions anormales de celle-ci et parfois de sa racine, fournit des racines aériennes en vue de rétablir la communication directe avec le sol, fabrique un écran violet derrière lequel se modifie le chimisme cellulaire ; ses tiges latérales grossissent à leur insertion et deviennent très fragiles en ce point, etc.

J'ai déjà montré que chez l'un des descendants du Topinambour que je greffe depuis 1894, l'*Helianthus Dangeardi*, la tuberculisation aérienne et les variations du coloris des tiges et des feuilles sont devenues héréditaires dès la première génération (1922) et se sont maintenues depuis cette époque ([1]). Poursuivant cette étude, j'ai planté, en 1925, 335 pieds de cette variété que j'ai laissés tout l'hiver en place, au lieu de les récolter en novembre comme je l'avais fait les années précédentes. J'ai constaté, le 15 mars dernier, que :

1° Toutes les tiges principales étaient restées vertes et bien vivantes sur

---

([1]) Lucien Daniel, *L'hérédité chez l'*Helianthus tuberosus Dangeardi (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1087).

une longueur de 20 à 30cm à partir de la base ; les racines et les parties des rhizomes reliant les tubercules à la tige étaient vivantes elles-mêmes quand les organes correspondants du Topinambour original étaient complètement desséchés depuis la fin de novembre.

2° Beaucoup de pieds de l'*Helianthus Dangeardi* possédaient à la base de leur tige vivante une sorte de manchon et des protubérances parenchymateuses riches en sucre et en inuline. Chose remarquable et absolument nouvelle, chez quelques exemplaires, des racines étaient devenues tuberculeuses; à leur centre, elles étaient formées d'un petit cylindre de bois dur; à leur périphérie, elles présentaient un épais manchon de bois mou riche en réserves sucrées au moment où je les ai examinées, mais sans inuline.

3° La plupart des tiges portaient des racines adventives formant moignon; quelques tiges avaient été couchées sur le sol ou fortement inclinées par le vent. Chez celles-ci, les racines adventives avaient pénétré dans le sol et donné lieu à un véritable marcottage; les tubercules aériens s'étaient eux-mêmes enracinés et poussaient avec vigueur.

4° Les tiges vertes et les tubercules aériens ont acquis un supplément notable de résistance aux froids, puisqu'ils ont supporté cet hiver une température de — 8° sans périr.

5° Les rameaux latéraux de l'*Helianthus Dangeardi*, renflés à leur insertion sur la tige principale, se détachent avec une facilité plus grande encore que chez le Topinambour greffé dont ils dérivent,

Tous ces caractères n'existaient pas chez la variété de Topinambour dont je me suis servi à l'origine et ils sont apparus seulement à la suite du greffage répété sur Soleil annuel. Ils sont, comme le caractère de la tuberculisation aérienne, devenus héréditaires par graines dès la première génération et se maintiennent depuis quatre ans. Ils sont la *démonstration expérimentale de l'hérédité des caractères acquis par greffe :* le Topinambour en question a conservé la mémoire des adaptations subies sous l'influence du changement de milieu et a donné une variété nouvelle bien distincte, dont l'origine est indiscutable. Je tiens des tubercules de cette variété à la disposition de ceux qui seraient désireux de l'étudier et de contrôler mes résultats.

MYCOLOGIE. — *La reproduction sexuelle chez les Lichens du genre* Collema *et la théorie de Stahl.* Note de M. et Mme **Fernand Moreau**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

En 1874, au lendemain de la découverte par Thuret et Bornet des phénomènes de la reproduction sexuelle chez les Algues Floridées, où des spermaties fécondent un oogone par l'intermédiaire d'un trichogyne, Stahl (¹) attribua à certains Champignons une sexualité du type floridéen, en décrivant, spécialement chez les *Collema*, un ascogone enroulé, prolongé par un trichogyne capteur de spermaties et en admettant que celles-ci assurent par l'intermédiaire du trichogyne la fécondation de l'ascogone. L'idée de Stahl a connu un retentissement considérable; des archicarpes semblables à ceux des *Collema* ont été rencontrés dans maint Lichen; les observations de Stahl se trouvèrent plus tard fortifiées par les recherches cytologiques de Baur (²) qui portèrent en particulier sur les *Collema* et par celles de Baur et de plusieurs auteurs, relatives à divers autres Lichens; plus récemment, Miss Bachmann (³) soutient que la théorie de Stahl s'applique à tous les Lichens, même dans le cas où, en l'absence de spermaties typiques, elle paraissait devoir être rejetée.

Affermie par ces confirmations, la doctrine stahlienne s'est imposée à l'esprit d'un grand nombre de mycologues : la croyance encore répandue à l'origine floridéenne des Champignons supérieurs, l'insistance avec laquelle on a recherché chez les Champignons étrangers aux Lichens, les archicarpes de Stahl, la complaisance qu'on a apportée à attribuer des trichogynes aux Urédinées sont autant de survivances de l'idée stahlienne. Ainsi simplifiée et élevée au rang d'un corps de doctrine, elle a pesé lourdement sur le développement d'une conception toute différente des phénomènes sexuels des Champignons supérieurs, celle qui recherche les équivalents des ascogones dans les organes reproducteurs des Champignons inférieurs, voyant dans ces derniers des ancêtres des Septomycètes, et qu'ont surtout

---

(¹) E. Stahl, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten* (*Vorläufige Mitteilung*) (*Bot. Zeit.*, 32, 1874, p. 177-180).

(²) Baur, *Zur Frage nach der Sexualität der Collemaceen* (*Ber. d. d. bot. Ges.*, 16, 1898, p. 364-367).

(³) Miss F. M. Bachmann, *A new type of spermogonium and fertilization in Collema* (*Ann. of Bot.*, 26, 1912, p. 747-749.

défendue, avec des variantes en rapport avec l'état de la science à leurs époques respectives et la nature des techniques employées par eux, de Bary [1] pendant la période précytologique de l'histoire de la Mycologie, et, de nos jours, Dangeard [2].

La fidélité de beaucoup de mycologues aux enseignements anciens de Stahl eut cédé sans doute plus aisément devant les défenseurs de la doctrine adverse si les Champignons mêmes qui avaient servi à l'édification de la doctrine stahlienne avaient été l'objet d'une soigneuse investigation. L'étude que nous avons faite du développement des apothécies du genre *Collema* conduit à rapprocher ces Champignons des Ascomycètes autonomes et des Champignons inférieurs et à rejeter pour eux toute idée d'étroites affinités avec les Floridées.

Elle a porté sur le *Collema nigrescens*. Le jeune ascogone est formé d'un filament enroulé, cloisonné, aux cellules uninucléées, communiquant les unes avec les autres par une perforation de leurs cloisons transversales. Ce stade a été correctement décrit par Baur. Indiquons toutefois que le trichogyne que Stahl et Baur tenaient pour un organe constant du carpogone ne nous a pas paru tel : de nombreux ascogones sont dépourvus de trichogyne et, lorsqu'il existe, ce n'est qu'exceptionnellement que nous l'avons vu dépasser la surface du thalle.

Les stades ultérieurs du développement ont échappé à Baur : les cellules ascogoniales grandissent, acquièrent deux, puis un plus grand nombre de noyaux; nos coupes les plus épaisses (7^{μ}) nous ont permis de compter jusqu'à six noyaux dans la même cellule.

Bientôt, les cellules ascogoniales font place à des hyphes ramifiés, aux cellules uninucléées; ultérieurement, des hyphes aux cellules binucléées, porteurs de boucles sur leur flanc, leur succèdent; ils se ramifient et forment à leur extrémité des asques producteurs d'ascospores sexuées.

Au cours de ce développement, les spermaties ne prennent part, non plus qu'aucune anthéridie, à la fécondation de l'ascogone; celui-ci se développe en hyphes ascogènes sans avoir subi aucune fécondation. Aucun rapprochement avec les phénomènes reproducteurs des Floridées ne saurait être fait. Par contre l'état multinucléé des cellules ascogoniales impose l'idée d'une ressemblance avec les ascogones cénocytiques des Peltigéracées (en

(1) A. DE BARY, *Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten*, Leipzig, 1866.

(2) P.-A. DANGEARD, *Recherches sur le développement du périthèce chez les Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 10, 1907, p. 1-385, Pl. I-XCI).

particulier ceux du *Solorina saccata*, où le nombre des noyaux ne devient jamais très considérable), avec les ascogones également cénocytiques des *Ascobolus*, *Pyronema*. etc., ainsi qu'avec les gamétanges cénocytiques des Siphomycètes.

Ainsi l'étude des *Collema*, vieille de 50 ans, entreprise jadis dans l'enthousiasme qu'excitaient les découvertes de Thuret et de Bornet, reprise aujourd'hui avec le secours des techniques modernes de la cytologie, se refuse à fournir plus longtemps un appui à l'ancienne théorie de Stahl, maintenant rejetée au rang des doctrines désuètes. Il nous paraît que les mycologues ne sauraient plus désormais lui demeurer fidèles et que le temps est venu pour tous de se soustraire définitivement à la pesante emprise que depuis un demi-siècle elle exerce sur beaucoup d'entre eux.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Développement du ricin en milieu thorifère radioactivé par addition de thorium X*. Note de MM. **Averseno**, **Jaloustre** et **Maurin**, présentée par M. L. Mangin.

Il y a deux ans [1], nous avons signalé les effets du thorium X sur la germination de certaines graines et sur la végétation de quelques plantes.

Nous présentons ici les résultats obtenus grâce à ce même élément radioactif, sur le développement du Ricin (*Ricinus communis*) qui s'est montré, parmi les végétaux mis en expériences, un des plus sensibles à réagir aux influences radioactives.

L'étude en a été faite du printemps à l'hiver de l'année 1925, dans la banlieue de Toulouse au quartier de Limayrac, dans un terrain pauvre en chaux, mais fortement siliceux.

Les semis furent faits en bonne exposition, abrités du Nord et de l'Ouest par un mur. Ils furent divisés en deux groupes où nous ne laissâmes subsister que 3 pieds pour chacun d'eux. Un groupe servait de témoin, l'autre recevait tous les quinze jours 10 microgrammes de thorium X mêlés à de l'eau d'arrosage. Les témoins recevaient, d'ailleurs, chaque fois la même quantité d'eau.

Le développement des plantes marche à peu près parallèlement les deux premiers mois bien que, cependant, on puisse déjà noter un léger avantage quant à la taille sur les sujets radioactivés. Cette différence alla en

[1] Averseno, Delas, Jaloustre et Maurin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1491.

s'accentuant jusqu'au moment de la floraison, d'ailleurs plus précoce (de 10 jours environ) chez ces derniers, si bien qu'au moment de la fructification, puis de la récolte, nous avions les résultats suivants (moyenne des 3 pieds) :

	Ricins témoins.	Ricins radioactivés.
Hauteur moyenne	$3^m,15$	$3^m,75$
Périmètre de frondaison	$4^m,90$	6^m
» du tronc	$0^m,11$	$0^m,15$
Nombre de branches	une	trois
» de feuilles	42	58
» d'inflorescences	une	trois
» de fruits	102	193
Poids de 100 graines	$2^g,10$	$2^g,65$

Il résulte nettement de ce simple tableau qne le thorium X aux doses indiquées a non seulement amélioré le développement végétatif général de nos Ricins, mais qu'il a surtout augmenté le rendement des semences en nombre et en qualité; le pourcentage en huile étant, en effet, fonction du poids des graines.

Nous avons espéré un moment que l'activité physiologique si fortement accusée par le thorium X permettrait aux Ricins ainsi radioactivés de supporter les froids de notre hiver et de devenir persistants dans nos régions, comme ils le sont dans les climats plus chauds.

Cet espoir a paru se réaliser puisque, un matin de grand froid, au début de décembre, nous avons trouvé nos témoins complètement fanés par la gelée; au contraire, les pieds radioactivés paraissaient défier les rigueurs du temps. Malheureusement, les grosses chutes de température qui ont suivi ce premier assaut ont détruit complètement notre petite plantation. Nous espérons toutefois que les semences produites par ces sujets déjà entraînés à la résistance nous permettront d'obtenir dans l'avenir des descendants plus vigoureux encore que leurs aînés.

Nous comptons compléter ces résultats par l'étude de la richesse de nos Ricins en produits de réserves (substances azotées, hydrates de carbone, graisses, principes actifs, etc.) que nous publierons ultérieurement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Influence de la lumière sur l'absorption de l'acide phosphorique et du potassium par les plantes.* Note [1] de MM. **Antonin Nemec** et **Mihovil Gracanin**, présentée par M. G. André.

Il n'est pas douteux que la lumière solaire, d'après la loi d'action des facteurs de croissance, exerce une action notable sur l'assimilation des principes nutritifs contenus dans le sol et sur le développement de l'organisme végétal en général. Cependant la question des changements qui se produisent du côté de l'absorption des substances nutritives du sol par les racines des plantes cultivées sous l'influence de diverses intensités lumineuses, et sous l'influence des diverses radiations, a été jusqu'ici très négligée. Wiessmann [2] a pu établir que la paille des céréales cultivées à l'ombre est plus riche en azote, acide phosphorique et potasse que celle des plantes ayant végété en plein soleil. D'autre part Weber [3] a étudié l'influence des rayons de couleurs diverses sur la proportion des matières minérales chez les jeunes plantes du pois. Il a remarqué que l'absorption de l'acide phosphorique sous l'influence des lumières bleue, verte et violette n'éprouve aucun changement, tandis que l'activité des rayons rouges favorise l'absorption du phosphore par les racines du pois.

Nous avons repris cette question en utilisant la méthode qui consiste à déterminer les substances nutritives nécessaires au sol à l'aide de plantes en germination suivant la technique de Neubauer [4], d'autant plus que l'auteur du nouveau procédé estime qu'un bon éclairage ne paraît pas être particulièrement nécessaire pendant la croissance des jeunes plantes de seigle. Pour se rendre compte de l'influence des rayons lumineux, nous avons dosé la quantité des matières minérales, phosphore et potassium, contenues dans l'hypocotyle et les racines de jeunes plantes de seigle, cultivées sur le mélange du sol examiné avec du sable pur quartzeux pendant 18 jours, sous des cloches spacieuses en verre incolore, vert, violet et rouge. Les résultats moyens de nos recherches sont rassemblés dans les tableaux suivants :

---

(1) Séance du 1er mars 1926.

(2) H. Wiessmann, *Landw. Jahrbücher*, 56, 1921, p. 155.

(3) R. Weber, *Landw. Versuchsstationen*, 18, 1875, p. 32.

(4) Neubauer, *Landw.-Versuchsstationen*, 100, 1923, p. 119, et *Rev. intern. des renseign. agricoles*, nouv. sér., 2, 1924, p. 831.

I. — *Terre de Čéslav (Bohême)*

Lumière.	Matières minérales.	Acide phosphorique P^2O^5.	Potasse K^2O.
	mg	mg	mg
Solaire..........	112,7	19,4	38,3
Verte...........	95,4	22,8	36,0
Violette.........	87,0	22,1	45,1
Rouge..........	92,6	17,9	45,9

II. — *Terre de Zvoleněves (Bohême).*

Lumière.	Matières minérales.	Acide phosphorique P^2O^5.	Potasse K^2O.
	mg	mg	mg
Solaire..........	102,2	21,3	41,6
Verte...........	82,5	21,7	34,5
Violette.........	78,6	21,1	46,4
Rouge..........	80,7	20,9	48,3

Il ressort de nos expériences que toutes les plantes qui se sont développées sous l'influence des lumières colorées sont plus pauvres en matières minérales que celles qui ont été exposées pendant leur courte végétation à la lumière pleine du jour. Le taux de l'acide phosphorique des jeunes plantes ne semble guère varier sous l'action de la lumière de couleurs différentes. C'est surtout la teneur en potasse qui éprouve les changements les plus sensibles. La lumière verte provoque une diminution de la richesse en potasse; tandis que les plantes qui se sont développées sous l'influence des rayons violets et rouges contiennent une quantité élevée de cette importante substance nutritive. Des résultats du même ordre ont été obtenus avec des expériences ayant porté sur de jeunes plantes de seigle, cultivées sur du sable pauvre en éléments nutritifs comme milieu de végétation (Tableau III).

III. — *Expériences sur sable.*

Lumière.	Matières minérales.	Acide phoshorique P^2O^5.	Potasse K^2O.
	mg	mg	mg
Solaire..........	81,4	19,8	31,5
Verte...........	72,9	19,9	27,6
Violette.........	66,4	19,2	36,6
Rouge..........	72,5	18,6	37,4

On voit par ces chiffres que les rayons violets et rouges présentent une différence en faveur de la teneur en potasse, supérieure aux limites des erreurs probables de l'analyse; alors que la richesse en acide phosphorique reste constante.

Chez les organes de la plante cultivée sous l'influence des rayons rouges et violets, l'accumulation de la potasse semble se rattacher étroitement aux conditions défavorables aux processus de photosynthèse des hydrates de carbone et des matières albuminoïdes, où la potasse joue le rôle de catalyseur biochimique.

CYTOLOGIE. — *Sur la constitution de l'appareil de Golgi et de l'idiozome; vrais et faux dictyosomes.* Note de M. **Parat**, présentée par M. Henneguy.

J. Hirschler a insisté à plusieurs reprises sur la nature lamellaire ou vésiculaire de l'appareil de Golgi. Morelle, Ludford (1925) ont expérimentalement prouvé que l'aspect de réseau de l'appareil était un artefact. On tend donc aujourd'hui à abandonner la conception de Golgi ou celle de Pensa (gel réticulaire) au profit du schéma suivant : Complexe de Golgi = dictyosomes (terme de Perroncito) *chromophiles* + archoplasme *chromophobe* (Gatenby, Bowen). La généralisation hâtive de cette conception basée surtout sur l'étude de l'idiozome des cellules sexuelles mâles nous paraît entraîner une confusion fort regrettable. Dans les cellules génitales mâles en effet, nous avons montré avec J. Painlevé (sur *Helix*) et E. Gambier [1] sur *Discoglossus* et *Cavia* que l'idiozome est constitué par un groupement périphérique de chondriosomes plus ou moins modifiés, souvent en écailles ou en croissants, auxquels je donnerai le nom de *lépichondriosomes* ou plus simplement de *lépidosomes* (de λεπὶς, λεπίδος = écaille) correspondant aux filaments de Platner, pseudochromosomes d'Heidenhain, corps péridiosomatiques de Terni. Ces lépidosomes sont très différenciés chez *Helix*, beaucoup moins chez *Discoglossus* et *Cavia*. Ils sont riches en protéides et en lipoïdes, surtout chez *Helix*, ils diffèrent peu des autres éléments du chondriome chez *Cavia*. Dans tous les cas, ils sont comme ces derniers mis en évidence de façon parfaite par les techniques d'Altmann, Benda ou Regaud. Ils sont colorables post-vitalement par le vert Janus, *jamais par le rouge neutre*. Il s'agit donc comme l'avait admis autrefois

---

(1) *C. R. de la Soc. de Biol.*, Séance du 20 mars 1926.

Fauré-Fremiet, et comme l'admet plus récemment L. Karpova (1925), de chondriosomes spéciaux, que l'on a pris (Gatenby [1], Avel, etc.) pour des éléments golgiens : ce sont en réalité de *faux dictyosomes*.

Ces lépidosomes circonscrivent par leur groupement une aire cytoplasmique (*archoplasme* de Gatenby) semée de vacuoles (*archoplasmic vesicles* de Moore) renfermant chacune un grain de sécrétion (*archosome* de Moore, granule *proacromique*). Ces vacuoles sont colorables par le rouge neutre et donnent en coupe optique l'aspect de croissants ou d'anneaux décrits sur d'autres objets par Renaut (vacuoles rhagiocrines) et par nous-même avec J. Painlevé. De bonnes imprégnations noircissent parfaitement ces anneaux, ces croissants et parfois même les grains en entier, comme elles le font dans le cas du pancréas (Nassonof, Parat et Painlevé), du cartilage (Parat et Godin), des cellules épithéliales (Parat et Bourdin), des ovocytes de *Ciona* (Hirschler, Parat et Bhattacharya), etc. Ces éléments *colorables par le rouge neutre d'une part,* imprégnables par l'osmium ou l'argent d'autre part, correspondent seuls aux *vrais dictyosomes* que nous considérons comme des éléments du *vacuome*.

Or, Perroncito, le père des dictyosomes (1909) a coloré les « corpuscules représentant l'appareil interne » par le rouge neutre. Il a donc vu le vacuome sur le vivant et ses figures prouvent qu'il l'a imprégné — ce qui confirme notre conception avant la lettre — mais démontrent aussi que parmi les vrais dictyosomes il s'en est glissé de faux (lépidosomes), ce qui justifie, mais en partie seulement, les critiques que lui a adressées Fauré-Fremiet (1912).

En résumé, la plupart des spécialistes de l'appareil de Golgi des cellules génitales mâles, se contentant d'observations vitales incomplètes, ont été amenés à confondre deux éléments différents, et certains ont généralisé trop hâtivement à toutes les cellules somatiques une conception qui se heurte pourtant dès l'abord à cet argument *ab absurdo :* si le soi-disant complexe des cellules génitales était une structure golgienne typique et généralisable, on devrait tenir pour légende la difficulté cependant classique de la mise en évidence de l'appareil de Golgi puisque cette formation, connue depuis 1874 (La Valette St-Georges), est plus facile à déceler que les mitochondries, moins fragile qu'elles, puisque à son niveau « l'imprégnation réussit toujours » (Avel), A. Prenant ayant pu, dès 1887,

---

(1) L'erreur de Gatenby est doublée par le fait que cet auteur a affirmé avoir coloré ses dictyosomes par le rouge neutre.

l'étudier par une technique que l'on a coutume d'appeler à tort technique de Kopsch (1902).

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'accélération inégale des différentes phases de la division cellulaire par l'élévation de la température.* Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. F. Henneguy.

Dans un travail récent Peter [1] a fait d'après les chiffres de Jolly [2] le calcul des coefficients de température (Q_{10}) de plusieurs phases de la mitose dans les hématies du Triton : il trouve ainsi :

Pour le stade :	Q_{10}.	Dans l'intervalle :
Diaster	1,4	10°-20°
Étranglement	2,2	»
Début de la transformation de l'étoile-fille.	2,0	»
Apparition du réseau depuis la séparation..	2,4	»
Peloton serré	2,6	20-25
Peloton lâche	3,0	18-25
Reconstitution du noyaux-filles	1,6	20-25

Peter en conclut que « les différences dans l'accélération des stades isolés sont petites si l'on tient compte des sérieuses causes d'erreur ». Et il ajoute : « On ne se trompera pas en admettant que toutes les phases sont influencées par la température dans la même mesure. Ceci est d'ailleurs facile à comprendre car elles ne sont que des parties d'un même processus complexe. »

Ces conclusions peuvent être critiquées. Peter trouve petites les différences dans l'accélération des différentes phases; les coefficients Q_{10} varient pourtant de 1,4 à 2,4 dans l'intervalle 10°-20°; et de 1,6 à 2,6 dans l'intervalle 20°-25°. Il nous semble que ces variations doivent être considérées au contraire comme assez importantes étant donné que les coefficients de température des processus physiques et chimiques les plus divers ne varient à peu près que dans les mêmes limites. D'autre part, l'affirmation de Peter que la même accélération pour tous les stades est naturelle, « car ils ne sont que des parties d'un même processus complexe », ne nous semble pas du tout convaincante.

Enfin, l'existence des causes d'erreur est probable surtout dans le cas

---

(1) K. Peter, *Zeit. f. Morph. u. Anthropologie*, 24, 1924, p. 23.

(2) J. Jolly, *Arch. d'Anat. micr.*, 6, 1904, p. 455.

des phases à durée relativement courte. Mais nous pensons que leur importance sera de beaucoup diminuée si l'on tient compte des résultats obtenus à la fois sur deux sortes de cellules différentes.

Nos expériences ont porté sur les œufs d'Oursin (*Paracentrotus lividus* Lk.) et de l'*Ascaris megalocephala*. Les températures expérimentées sont : 18°,2 et 26° pour l'œuf d'Oursin; 24° et 34° pour l'œuf d'*Ascaris*. La chronologie des stades était établie sur du matériel fixé à des intervalles réguliers de 2 minutes pour l'œuf d'Oursin; de 5 minutes pour l'œuf d'*Ascaris*.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons parallèlement les coefficients Q_{10} obtenus pour les deux espèces d'œufs. Nous prenons comme point de départ la copulation des pronuclei dans le cas de l'œuf d'Oursin et le moment de la sortie des œufs de l'utérus (« équilibre de copulation » de Fauré-Fremiet) dans celui de l'œuf d'*Ascaris*.

	Q_{10} trouvé pour l'œuf	
Stade considéré.	d'Oursin.	d'*Ascaris*.
Copulation (disparition de la membrane nucléaire).	2,31	2,20
Prophase (durée totale)...	2,07	2,33
Plaque équatoriale........	1,0	1,22
Anaphase	1,71	2,0 (?)
Reconstitution des noyaux.	1,39	1,33

Les valeurs des deux premières paires de coefficients de température sont donc assez élevées; celle de la troisième paire, au contraire, extrêmement faible. Les coefficients Q_{10} de l'anaphase sont de nouveau assez élevés dans les deux cas. Enfin la reconstitution des noyaux est caractérisée dans les deux cas par des valeurs relativement faibles des Q_{10}.

*Le parallélisme entre les coefficients de température des différents stades de la mitose des œufs d'Oursin et d'*Ascaris *est à peu près parfait*. Il n'est donc pas étonnant de trouver, pour l'ensemble du processus, des coefficients Q_{10} extrêmement voisins. Ils sont 1,70 pour l'œuf d'Oursin et 1,80 pour l'œuf d'*Ascaris* si l'on considère la période copulation → reconstitution des noyaux, et 1,41 et 1,45 respectivement pour les deux espèces d'œufs si l'on considère la durée disparition de la membrane nucléaire → reconstitution des noyaux. La différence entre les deux paires de coefficients de température correspond, comme nous venons de le voir, à l'existence au début de la mitose d'un pro-

cessus à coefficient Q_{10} élevé et comparable à celui des réactions chimiques. Rappelons à ce sujet que l'oxygène est un facteur indispensable à la réalisation d'une mitose qui, du reste, peut se terminer en absence d'oxygène.

Le parallélisme observé entre les deux espèces d'œufs ne peut pas s'expliquer par un hasard ; aussi l'accélération inégale des différentes phases trouvées par Peter-Jolly n'est pas certainement due à une erreur d'observation.

Dans un Mémoire sous presse nous donnons l'interprétation de quelques-uns des Q_{10} trouvés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique, à l'aide de l'émulsine des amandes, de l'éthyl-l-arabinoside* α. Note de MM. **M. Bridel** et **C. Béguin**, présentée par M. L. Guignard.

Nous avons montré récemment [1] que l'émulsine des amandes provoque dans les solutions alcooliques d'arabinose *l* une diminution du pouvoir réducteur et du pouvoir rotatoire de ces solutions.

Nous avons réussi à extraire le produit de cette réaction et nous l'avons identifié avec l'éthyl-*l*-arabinoside α.

Préparation. — On a fait agir, à + 33°, l'émulsine sur une solution d'arabinose *l* pur dans l'alcool éthylique pendant 173 jours, en ajoutant une nouvelle quantité de ferment le 27ᵉ et le 43ᵉ jour.

On a filtré et l'on a évaporé le liquide à sec, sous pression réduite. On a obtenu, par cristallisation dans l'éther acétique, un produit présentant un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +23°$ à $+26°$ et renfermant 20 pour 100 d'arabinose. On a éliminé l'arabinose en le combinant à la chaux et en précipitant la combinaison par l'alcool à 95ᶜ. Finalement, on a obtenu l'éthyl-*l*-arabinoside α pur par cristallisation dans l'éther acétique anhydre.

Propriétés. — L'éthyl-*l*-arabinoside α se présente sous la forme d'une poudre incolore, constituée par des aiguilles microscopiques. Sa saveur est d'abord douce, puis amère. Il cristallise à l'état anhydre. Il fond à + 122°-123° au bloc Maquenne. Il est dextrogyre, $\alpha_D = +9°,95$ ($p = 1,2344$; $v = 25$; $l = 2$; $\alpha = 0°,983$). Il n'est pas réducteur.

Il est hydrolysé facilement par l'acide sulfurique à 3 pour 100, à + 105°.

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 659.

Une solution d'éthyl-*l*-arabinoside α à 2g,4688 pour 100cm³ (α = + 0°,49; *l* = 2) contenait, après hydrolyse, 2g,065 d'arabinose pour 100cm³ et possédait une rotation de + 4°,44 (théorie : 2g,080 d'arabinose; α = + 4°,37). Indice de réduction, 522 (théorie : 536). La concordance est donc très bonne.

L'alcool éthylique a été caractérisé par la réduction du bichromate de potasse en milieu sulfurique après distillation du liquide d'hydrolyse. L'arabinose formé dans l'hydrolyse a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé par sa forme cristalline et son pouvoir rotatoire.

L'émulsine qui a réalisé, en milieu alcoolique, la synthèse de l'éthyl-*l*-arabinoside α, provoque, en milieu aqueux, son hydrolyse. On a fait agir 0g,40 d'émulsine sur 50cm³ d'une solution aqueuse d'éthyl-*l*-arabinoside α à 1g,2344 pour 100cm³. En 14 jours, à + 33°, la rotation de la solution a passé de + 0°,246 à + 1°,53 › (*l* = 2) et il s'est formé 0g,6984 d'arabinose pour 100cm³, soit une hydrolyse de 65,9 pour 100. Indice de réduction, 545.

L'obtention de l'éthyl-*l*-arabinoside α par synthèse biochimique à l'aide de l'émulsine suggère les réflexions suivantes :

1° L'éthyl-*l*-arabinoside α représente le premier pentoside obtenu par voie biochimique. Il n'avait pas pu être préparé, jusqu'alors, à l'état pur.

2° Ce pentoside est le premier glucoside dérivé d'un glucide appartenant à la série *l* dont on ait réalisé la synthèse par l'émulsine.

3° C'est également le premier glucoside α obtenu par l'émulsine qui, jusqu'alors, n'avait agi que sur les glucosides β.

4° Toutefois, l'émulsine, bien que formant le dérivé α de l'arabinose *l*, se comporte vis-à-vis de cet arabinose exactement comme avec le glucose *d* et le galactose *d*, en diminuant le pouvoir rotatoire et le pouvoir réducteur de ses solutions alcooliques. Elle provoque donc, avec ces trois glucides simples, la formation du glucoside moins dextrogyre que le glucide combiné. Avec le glucose *d* et le galactose *d*, la diminution du pouvoir rotatoire est supérieure à la valeur du pouvoir rotatoire droit de ces glucides; il s'ensuit que les glucosides et les galactosides formés par l'émulsine sont lévogyres. Avec l'arabinose *l*, au contraire, la diminution est inférieure à la valeur du pouvoir rotatoire de ce glucide et ces arabinosides conservent un pouvoir rotatoire droit.

5° L'émulsine peut donc exercer son action sur des combinaisons glucosidiques dextrogyres alors qu'on la regardait, jusqu'ici, comme ferment spécifique des combinaisons glucosidiques lévogyres.

6° Il est possible que cette action soit due à la présence, dans l'émulsine des amandes, d'un ferment spécial, une *l-arabinosidase* α.

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 octobre 1925.)

Note de Mlle *Anastasie Anargyros*, Sur l'oxyde de manganèse colloïdal :

Page 419, ligne 24, *au lieu de* arsénite de soude, *lire* soude protalbique.

(Séance du 7 décembre 1925.)

Note de M. *R. Chambaud*, Sur la théorie des voûtes circulaires épaisses :

Page 906, ligne 20, *au lieu de* effets, *lire* efforts.

(Séance du 4 janvier 1926.)

Note de M. *R. Chambaud*, Sur le potentiel interne dans les voûtes circulaires épaisses, et la notion de glissement moyen qui s'en déduit :

Page 45, ligne 5 en remontant, dans l'expression de v, deuxième terme de la parenthèse, *au lieu de* $\eta \cos\omega$, *lire* $\eta\omega \cos\omega$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1926.

Mémoires de la Société des sciences naturelles du Maroc, n° VII : *Etudes sur la végétation et la Flore du grand Atlas et du moyen Atlas marocains*, par RENÉ MAIRE. N° VIII (1re Partie) : *Etudes sur la végétation et la Flore marocaines*, par BRAUN-BLANQUET et RENÉ MAIRE. Rabat, Institut scientifique chérifien; Paris, Émile Larose; Londres, Janson and sons, 1924; 2 vol. 25cm. (Présentés par M. Léon Guignard.)

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. IX : *La géométrie des espaces de Riemann*, par ÉLIE CARTAN. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Émile Borel.)

Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie, publiée par ordre de M. MAURICE VIOLLETTE. Alger, Baconnier frères, 1926; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. Léon Guignard.)

Miscellanées zoologiques. IIIe fascicule, par HENRI GADEAU DE KERVILLE. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1925; 1 vol. 26cm.

Résistance des conduites en béton ou en béton armé, par M. DE SPARRE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, Presses universitaires de France, 1925; 1 fasc. 25cm.

Le botaniste, directeur : P.-A. DANGEARD. Série XVI : *Recherches sur les tubercules radicaux des Légumineuses*, par P.-A. DANGEARD. *Vaucheria Schleicheri De Wildeman dans le lac d'Annecy*, par PIERRE DANGEARD. Paris, Jouve et Cie, 1926; 1 vol. 24cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par ALBERT Ier, *prince souverain de Monaco*, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD. Fascicule LXIX : *Copépodes particulièrement bathypélagiques provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco*, par G.-O. SARS. (Texte.) Imprimerie de Monaco, 1925; 1 vol. 36cm,5. (Présenté par M. Gravier.)

L'origine de la vie; la radiation et les êtres vivants, par GEORGES LAKHOVSKY. Paris, Nilsson, 1925; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. d'Arsonval.)

En avion vers le pôle Nord, par ROALD AMUNDSEN (traduit du norvégien et adapté par Charles Rabot). Paris, Albin Michel, 1926; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du génie civil de Gand par J. BOULVIN. Paris, Albin Michel, 1924; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. A. Rateau.)

Œuvres complètes de CHRISTIAAN HUYGENS, publiées par la Société hollandaise des

sciences. Tome XV : *Observations astronomiques. Système de Saturne. Travaux astronomiques* (1658-1666). La Haye, Martinus Nijhoff, 1925; 1 vol. 29cm.

Données numériques de spectroscopie; spectres d'émission; phénomène de Zeeman; spectres d'absorption, par L. Brüninghaus. Paris, Gauthier-Villars et Cie; London, Cambridge University Press; Chicago, University of Chicago Press, 1925; 1 vol 28cm.

L'année biologique. Comptes rendus annuels des travaux de biologie générale publiés sous la direction de Yves Delage. 17e année (1912). Paris, Le François, 1925; 1 vol. 25cm. — 18e année (1913). Paris, Lhomme, s. d.; 1 vol. 25cm.

Les origines de l'erreur relativiste; la nouvelle expérience de M. Michelson, par le lieutenant-colonel Corps. Paris, Presses universitaires de France, 1925; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

L'or et l'argent, par Albert Bordeaux. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 vol. 23cm (Présenté par M. L. Guillet.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 7 avril au lieu du lundi 5.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 26 mars 1926, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean Charcot** pour occuper, dans la Division des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *E. Tisserand*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean Charcot** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Paul Mercanton**, de l'Université de Lausanne, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques formules relatives à la constante* C *d'Euler*. Note (¹) de M. **Paul Appell**.

I. De la définition de C résulte la formule

$$C = 1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{h-1} - \log h + S(h), \tag{1}$$

(¹) Séance du 22 mars 1926.

où h est un entier positif quelconque, $S(h)$ désignant une fonction de h qui tend vers zéro quand h croît indéfiniment. On peut exprimer $S(h)$ à l'aide de la fonction Ψ de Gauss (*Œuvres*, t. III).

On a en effet

$$\Psi(x+1)=\frac{1}{x+1}+\Psi(x),$$

d'où

$$\Psi(h-1)=1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{h-1}+\Psi(0).$$

Alors

$$C=\Psi(h-1)-\Psi(0)-\log h+S(h),$$

et comme $C=-\Psi(0)$:

$$S(h)=-\Psi(h-1)+\log h,$$

II. Des formules remarquables ont été données par M. Ser, sous forme de questions posées ([1]). M. Ser désigne par p_{n+1} le nombre rationnel

$$p_{n+1}=\int_0^1 \frac{x(1-x)\ldots(n-1-x)}{1.2\ldots n}\,dx,$$

et il indique la formule

$$\log h+C-\left(1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{h-1}\right)=(h-1)!\left[\frac{p_2}{h!}+\frac{1!\,p_3}{(h+1)!}+\frac{2!\,p_4}{(h+1)!}\right]=S(h),$$

qui devient une identité pour h infini. Cette formule donne $\Psi(h-1)$ en fonction de h : elle précise la valeur de $S(h)$. M. Ser exprime les nombres p_{n+1} en fonction des nombres de Bernoulli et il retrouve, entre autres, la formule

$$C=p_2+\frac{p_3}{2}+\frac{p_4}{3}+\ldots,$$

due à Fontana, professeur à l'Université de Pavie vers 1780, publiée par Mascheroni en 1790 et démontrée par Bessel en 1812. La bibliographie précise se trouve dans une Note de M. Giovanni Vacca ([2]).

III. Les formules de M. Ser se rattachent aux recherches de Cramer sur les factorielles dans le *Journal de Crelle*, et à celles de M. Nörlund sur les

---

([1]) *Intermédiaire des mathématiciens*, 2e série, 4, novembre-décembre 1925, p. 126-128.

([2]) *Rendiconti della reale Accademia nazionale dei Lincei, Classe di scienze fisiche matematiche e naturali*, 1, 6e série, séance du 28 février 1925, p. 206-210.

équations aux différences finies dans les *Acta mathematica :* dans une lettre qu'il m'écrit, M. Ser indique ses propres recherches sur ce sujet. Toutes les fois qu'une fonction $f(x)$ est développée en une série procédant suivant les polynomes $x(x-1),\ldots,(x-n+1)$ en prenant l'intégrale $\int_0^x f(x)\,dx$ on introduit les polynomes que M. Ser désigne par P_{n+1} et qui ont été considérés à un tout autre point de vue par Édouard Lucas (¹). En mettant comme limite supérieure 1, on fait apparaître les nombres p_{n+1}.

Je compte développer cette Note dans un autre Recueil.

NAVIGATION. — *Expressions générales de la résistance,* R, *de l'eau à la translation des carènes, à toutes leurs vitesses possibles.* Note de M. F.-E. Fournier.

1. Ces expressions, entièrement nouvelles et très simples, permettraient à tout ingénieur de se rendre compte, au besoin, immédiatement, des valeurs de la résistance R, à prévoir, dans l'étude de ses avant-projets, car elles sont entièrement conformes aux données expérimentales du *bassin des carènes* du service technique de nos constructions navales.

2. Elles s'appliquent, exclusivement, à des surfaces de carènes Σ, ne revêtant aucune partie cylindrique, et ayant, suivant l'usage, la largeur principale, l, de leur maître couple, de profondeur, p, sensiblement au milieu de la longueur, L, de leur plan de flottaison, perpendiculaire à leur étrave droite.

3. La résistance, R_1, de l'eau à la translation, de vitesse v, d'une carène de ce genre, de surface Σ, a pour expression générale, la formule

$$R = 0{,}16\,\Sigma v^2\,\psi\left(\frac{v}{\varpi}\right), \tag{1}$$

où la constante numérique, 0, 16, se rapporte au *fer neuf, fraîchement peint* de la carène.

4. Quant au facteur, $\psi\left(\frac{v}{\varpi}\right)$, c'est une fonction du rapport de la vitesse v du navire, à sa valeur critique ϖ, caractéristique des formes de sa carène,

(¹) *Bulletin de la Société mathématique de France,* 11, 1882-1883, p. 69-71.

se calculant au moyen de la formule d'interpolation,

$$(2)\qquad \frac{w}{\sqrt{L}} = 0{,}756 - 1{,}404\left(\frac{l^2}{Lp}\right) + 8{,}2\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^2 - 10{,}338\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^3.$$

Cette fonction, $\psi\left(\frac{v}{w}\right)$, est la mesure des modifications qu'apportent au cours moyen continu, $R_0 = 0{,}16\Sigma v^2$, de la résistance, R, les réactions, sur la surface Σ, du profit ondulatoire de la haute satellite du navire.

5. D'autre part, la surface Σ peut être calculée, au besoin, en la déduisant de la surface plane, σ, de sa projection latérale sur son plan vertical de translation et de dérive, par la formule d'interpolation

$$(3)\qquad \frac{\Sigma}{\sigma} = 1 + 5{,}475\left(\frac{l^2}{Lp}\right) - 15{,}01\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^2 + 12{,}82\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^3 + 4{,}695\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^4.$$

6. L'ensemble de ces carènes se divise en deux catégories bien distinctes, selon que le *demi-angle d'attaque* de leur *proue convexe*, à l'extrémité de ses *lignes d'eau*, sur la hauteur de l'étrave, y atteint une *valeur moyenne* i *plus grande*, ou *moindre* qu'une limite critique $i_0 = 10°36'$ qui leur est commune.

7. *Sur toutes les carènes, où* $(i > i_0)$, la fonction $\psi\left(\frac{v}{w}\right)$ est

$$(4)\qquad \psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 - a\left(\frac{v}{w}\right)^n\left(1 - \frac{v}{w}\right) \qquad \text{quand} \quad v < w,$$

et

$$(5)\qquad \psi_1\left(\frac{v}{w}\right) = 1 + a\left(\frac{v}{w}\right)^n\left(\frac{v}{w} - 1\right) \qquad \text{quand} \quad v > w.$$

La *première* passe par un *minimum*, à la vitesse v_m liée à w par le rapport $\frac{v_m}{w} = \frac{n}{n+1}$; et la *seconde* croît indéfiniment vers ∞, en même temps que v. Dans ces expressions, $a = 3\left(\frac{w}{10}\right)^{1,4}$ et $n = 2\left(\frac{w}{10}\right)^{1,77}$.

8. *Sur les carènes, où* $(i < i_0)$, la fonction $\psi\left(\frac{v}{w}\right)$ revêt, quand $v < w$, sa forme la plus simple

$$(6)\qquad \psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 - 2{,}64\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}\cdot\left[\frac{v}{w}\left(1 - \frac{v}{w}\right)\right],$$

dans son cours moyen, où il subit une seule oscillation sensible, mais très petite, même à son maximum, quand le *second sommet* des ondes d'oscillation de la houle satellite passe sur le contour du maître-couple; le *minimum*

de l'expression (6) a lieu, à la vitesse v_m liée à w par le rapport

$$\frac{v_m}{w} = \sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}.$$

Mais lorsque $v > w$, la fonction $\psi\left(\frac{v}{w}\right)$ prend une forme toute différente :

$$(7) \qquad \psi_1\left(\frac{v}{w}\right) = 1 + \left[\frac{\left(\dfrac{\frac{v}{w} - 1}{\frac{v'_m}{w} - 1}\right)}{1 + \left(\dfrac{\frac{v}{w} - 1}{\frac{v'_m}{w} - 1}\right)^{6,11\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}}}\right]^{\frac{1}{2}},$$

En fonction de la vitesse v'_m, à laquelle elle devient *maximum* et qui est liée à w par le rapport

$$\frac{v'_m}{w} = \frac{1}{\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}}.$$

Dans ce cas, après avoir franchi ce maximum, elle diminue indéfiniment, tant que v croît vers l'infini, en tendant vers sa limite asymptotique $\psi_1(\infty) = 1$.

9. Ce nouveau régime des variations de la fonction $\psi_1\left(\frac{v}{w}\right)$ est dû à *l'inclinaison*, sur l'horizon, dont j'ai reconnu l'expression,

$$(8) \qquad \theta = \frac{i_0\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}}{1 + 4\frac{l}{L}\left(\frac{2gL}{\sqrt{v^4 - w^4}}\right)^{\frac{l}{L}}},$$

que le profil ondulatoire de la houle satellite, spéciale à ces carènes, où $(i < i_0)$, imprime à leur plan de flottaison, par ses réactions sur la surface Σ, à partir seulement de leur vitesse caractéristique, w, et qui, en faisant émerger leur *proue*, tant que cette inclinaison augmente, détermine un soulèvement correspondant de la carène, diminuant sa profondeur moyenne d'immersion et, en conséquence, *l'accroissement relatif* de la résistance R de l'eau à sa translation.

10. *Remarque.* — Il ressort nettement des formules (7) et (8), celle-ci

tendant vers sa limite asymptotique $\theta_\infty = i_0\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}$, à mesure que v croît vers l'infini, que les *conditions de moindre résistance de l'eau à la translation des carènes*, où $(i < i_0)$, se trouveraient réalisées sur celle où l'on pourrait réduire sa valeur de i, à sa limite *optima* $i_m = \frac{1}{2} i_0 = 5^\circ 18'$.

RADIOACTIVITÉ ET PHYSIQUE DU GLOBE. — *La Lune est-elle radioactive ?* Note de M. M. BRILLOUIN.

1. De quelque facon qu'on imagine la formation de la Terre et de la Lune, il est impossible de douter de leur étroite parenté. La faible densité (3,3) de la Lune impose l'idée qu'elle est formée des mêmes matériaux que la lithosphère terrestre.

Or il a été établi que, sur la terre, les roches de la lithosphère contiennent des quantités électriquement et thermiquement très appréciables d'*uranium*, *de thorium* et de leurs dérivés radioactifs. On doit donc supposer que la masse presque entière de la Lune, vraisemblablement de même âge que la lithosphère, a contenu à l'origine et contient encore les mêmes matériaux radioactifs, à peu près dans les mêmes proportions. Peut-être, toutefois, l'évolution de ces matériaux a-t-elle pu subir quelque influence résultant soit du rayonnement solaire, soit de la basse température superficielle, vu l'absence d'atmosphère lunaire.

2. D'autre part, si cette radioactivité subsiste, il n'est pas absurde de supposer, en raison de l'absence d'absorption de ces radiations à la surface même de la Lune, qu'une petite portion atteint la limite supérieure extrême de l'atmosphère terrestre, et y produit les phénomènes d'ionisation appréciables. Il est possible aussi que l'accès direct, sans absorption lunaire, de toutes les radiations émises par le Soleil, rende les émissions radioactives différentes par la surface éclairée et par la surface obscure de la Lune. Dans ce cas, une certaine périodicité lunaire des phénomènes électriques de la haute atmosphère terrestre deviendrait possible. La lune, alors, exercerait probablement une influence appréciable sur les phénomènes si complexes de la propagation des ondes hertziennes. Peut-être des changements d'ionisation, *ne s'étendant qu'à l'hémisphère terrestre éclairé par la Lune*, auraient-ils une répercussion appréciable sur les phénomènes d'électricité atmosphérique des régions basses de l'atmosphère terrestre; peut-

être aussi sur la partie des variations du magnétisme terrestre due aux causes extérieures, qu'il faudrait d'abord mettre en évidence par la méthode de calcul de Gauss.

Enfin si les ionisations produites dans la haute atmosphère correspondent à un changement des propriétés absorbantes pour la lumière, peut-être observerait-on des différences spectroscopiques dans l'absorption atmosphérique exercée sur le rayonnement d'une même étoile avant et après le lever ou le coucher de la Lune, si l'on trouvait le moyen d'organiser correctement ces observations.

3. Pour préciser ce qu'on pourra chercher utilement par des observations de Physique du globe, on pourrait s'aider d'observations de laboratoire, toujours utiles même si elles montraient l'impossibilité de l'action lunaire imaginée ici.

La surface de la Lune est, en effet, selon toute vraisemblance, constituée par les silicates les plus légers et les plus fusibles de la lithosphère, — surtout par ceux qui sont plus denses à l'état fluide qu'à l'état solide, s'il y en a.

Dès lors, il y aurait intérêt à poursuivre toutes les études de radioactivité de tout genre sur les silicates exposés *dans le vide* à toutes les radiations de tout genre dans toute l'échelle des longueurs d'onde (des rayons X aux ondes de T. S. F.) dont on doit imaginer que le Soleil couvre la surface éclairée de notre satellite.

4. Je n'ai naturellement pas de réponse à toutes ces questions et suggestions.

Mais il me semble nécessaire d'avoir désormais présentes à l'esprit ces deux hypothèses :

I. *La Lune est probablement radioactive.*

II. *La radioactivité de la Lune exerce peut-être, sur la haute atmosphère de la Terre, une action, sensible surtout par une variation rapide au lever et au coucher de la Lune.*

HYGIÈNE. — *Détermination du degré de souillure de l'atmosphère.* Note (¹) de MM. D'ARSONVAL et F. BORDAS.

La pollution de l'air des grandes villes par les fumées préoccupe à juste titre tous les hygiénistes.

Les nombreux travaux publiés en Angleterre et aux États-Unis

(¹) Séance du 22 mars 1926.

démontrent la complexité du problème et les difficultés que l'on rencontre à le résoudre d'une façon satisfaisante.

Les nuages de fumée qui obscurcissent l'atmosphère de certains centres manufacturiers ne sont pas toujours produits par des particules de charbon en phase dispersée dans l'air, de même ces particules ne proviennent pas exclusivement de fumées plus ou moins épaisses rejetées par les cheminées.

De nombreux facteurs interviennent en dehors de la nature du combustible, de sa composition chimique, de son état de division pour produire ces fumées.

Le rejet, dans certains cas, de produits gazeux en présence de traces d'autres corps, favorise la formation de nuées plus ou moins denses suivant l'état du milieu extérieur.

Il existe de nombreuses méthodes permettant de connaître avec assez d'exactitude le nombre de particules solides contenues dans un volume d'air et de déterminer ainsi son degré de transparence. Palmer, Anderson et Armspach, Aitken, Owen, etc.

Dans nos recherches sur la pollution atmosphérique, nous nous sommes servis de la Jauge d'Owen que nous avons modifiée afin d'éviter les erreurs dues au liège et aux joints en caoutchouc.

Cet appareil a l'avantage de fonctionner comme collecteur de poussières et comme pluviomètre.

L'eau recueillie dans un grand récipient en verre est analysée tous les mois ([1]).

Voici à titre d'exemple les résultats obtenus pendant le mois de février 1925 avec une jauge placée au centre de Paris (Terrasse du Palais-Royal).

Poussières totales = $0^{gr},910$ soit $12^{gr},871$ par mètre carré.

L'analyse chimique des produits provenant de la combustion du charbon a donné les résultats suivants :

	par mètre carré
	g
Carbone	2,659
Hydrocarbures	1,824
Acide sulfurique en SO^3	2,432
Chlore	0,253
Ammoniaque	0,021

Les accidents occasionnés par l'inhalation des produits de la combustion

([1]) Les détails relatifs à la description de l'appareil et à la technique des opérations paraîtront dans une autre publication.

de la houille ont été décrits par de nombreux auteurs et en particulier par Acher, Niven, A. Gautier, Wainwright etc. Nous n'insisterons donc pas sur les désordres qui peuvent atteindre les muqueuses en général et l'arbre bronchique en particulier et préparer ainsi le terrain pour le développement ultérieur d'affections microbiennes des voies respiratoires.

Les habitants de certaines communes de la banlieue sont encore moins bien partagés que ceux du centre de Paris; c'est ainsi qu'à Vitry nous avons enregistré le chiffre élevé de $1^k,592$ de poussières par mètre carré pendant le mois de février.

L'emploi de charbons porphyrisés riches en cendres (30 pour 100) est la cause de ces chutes abondantes de poussières impalpables qui pénètrent partout et obligent les habitants à ne vivre que les fenêtres fermées.

Enfin certains produits provenant de la distillation de la houille réagissent d'une façon curieuse sur les eaux des rivières purifiées par le chlore.

Les travaux d'Adams, de Race, Rideal, Harold, Houston, etc., ont montré qu'une partie du phénol pouvait développer dans un million de parties d'eau un goût d'iodoforme assez intense pour rendre le liquide absolument imbuvable.

Il y a dans l'atmosphère de Paris et dans sa banlieue Nord, à certaines périodes, assez de fumées et de produits phénoliques pour que les eaux de la Marne et de la Seine, stérilisées par le chlore, puissent acquérir le goût désagréable d'iodoforme.

Comme nous venons de le voir les fumées de nos usines, comme celles de nos foyers domestiques, peuvent agir directement sur la santé publique et indirectement sous les formes les plus variées et les plus imprévues.

Nous n'insisterons pas sur l'action destructive de ces nuées noires chargées de produits acides sur les pierres de nos monuments et les statues de nos jardins.

Mais nous dirons en terminant l'importance qu'il y aurait à étudier d'une façon systématique la pureté atmosphérique et les sédiments qui doivent se produire dans certaines régions, afin de déterminer les origines de ces brouillards bas qui diminuent la visibilité générale et qui, dans certains cas, cachent plus ou moins les points d'atterrissage de nos centres d'aviation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Essai d'hydrogénation catalytique de l'oxyde d'éthylène.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **J.-F. Durand.**

On sait avec quelle facilité s'ouvre la chaîne de l'oxyde d'éthylène. Il paraissait donc probable, *a priori*, que ce corps fixerait de l'hydrogène, en présence du nickel réduit, et que cette fixation aurait lieu à température assez basse pour que soit évitée la complication résultant de l'isomérisation de l'oxyde d'éthylène en éthanal : on sait, en effet, que cette transformation ne commence que vers 400°. [2]

L'expérience n'a pas réalisé ces prévisions.

En entraînant, par un courant d'hydrogène pur et sec, de l'oxyde d'éthylène pur (Eb. 13°5) sur une traînée de nickel réduit disposée dans un tube chauffé sur une grille à gaz, une réaction a pris naissance dès 125°-150°; cette température a été maintenue pendant toute la durée de l'expérience.

Des produits condensables ont été recueillis dans un mélange de glace et de sel (—14°); le gaz non condensé n'était que de l'hydrogène ayant échappé à la réaction.

La distillation fractionnée du produit condensé a donné successivement :

1° 66 pour 100 d'un liquide très mobile (Éb. 20°,8), doué de l'odeur caractéristique de l'*éthanal;*

2° 8 pour 100 d'eau;

3° 19 pour 100 d'un liquide incolore, lacrymogène, possédant l'odeur extrêmement piquante de l'*aldéhyde crotonique* et bouillant à 104°. L'identification a été complétée par la transformation du produit, à l'aide d'oxyde d'argent, en acide crotonique, fondant à 72°;

4° Il restait dans le ballon 7 pour 100 environ d'un liquide huileux, jaune orangé, à odeur forte, paraissant renfermer surtout des *produits supérieurs de condensation de l'éthanal.*

En résumé, l'oxyde d'éthylène, passant avec de l'hydrogène sur le nickel réduit ne s'hydrogène pas, mais se transforme, dès 125°-150°, en éthanal, dont une partie donne aussitôt des produits de condensation.

Le nickel se comporte donc ici, jusqu'à un certain point, comme l'alumine, qui abaisse, on le sait [3], à 200° la température d'isomérisation de l'oxyde d'éthylène en éthanal.

---

(1) Séance du 22 mars 1926.

(2) Nef, *Annalen der Chemie*, 335, 1904, p. 201.

(3) Ipatiew et Leontowitsch, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 36, 1903, p. 2017.

M. ÉMILE PICARD dépose sur le bureau de l'Académie trois Mémoires ayant pour titres : *Sur quelques équations intégrales singulières; Sur un problème classique de la théorie de la chaleur et sur deux équations fonctionnelles qui s'y rattachent; Sur quelques intégrales se rencontrant dans l'étude de la propagation de l'électricité le long d'un câble.*

BOTANIQUE. — *Sur la végétation du Sud-Ouest marocain.* Note (¹) de M. R. MAIRE.

Nous avons étudié, en avril 1922 et 1925, au cours de missions qui nous ont été confiées par l'Institut scientifique chérifien, la flore et la végétation du Sous, des Haha, du versant sud du Grand Atlas et des premières pentes de l'Anti-Atlas. Les résultats de ces études seront exposés en détail dans un Mémoire en préparation; nous les résumons très brièvement ici.

Tout le pays étudié, sauf les montagnes élevées, appartient au secteur de l'Arganier tel qu'il a été défini par Braun-Blanquet et nous (²).

Les collines littorales des Haha, dans leur partie septentrionale, présentent à peu près la même végétation que les environs de Mogador; le climax y est constitué par l'Arganiaie typique, à sous-bois méditerranéen abondant, avec *Chamærops humilis*. Dans la partie méridionale le *Chamærops* a disparu; dans les clairières des Arganiaies s'installent des associations à *Euphorbia Beaumierana* Coss. et Hook, endémique cactiforme, et à *E. dendroides* L. L'association à *E. Beaumierana*, profitant de la destruction partielle de l'Arganiaie par l'homme, prend un développement considérable près d'Agadir-n-Ighir, où elle donne au paysage sa note dominante.

Les plantes succulentes (*Euphorbia Beaumierana*, *Senecio Anteuphorbium* L., *Caralluma Burchardii* N. E. Br. var. *maura* Maire, *Sedum nicæense* All.) y sont peu nombreuses, mais elles sont si abondantes, surtout les deux premières, qu'elles dominent nettement dans le tapis végétal, lui donnant un aspect qui n'a plus rien de méditerranéen, bien que l'analyse

(¹) Séance du 15 mars 1926.

(²) BRAUN-BLANQUET et MAIRE, *Études sur la végétation et la flore marocaine* (*Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 8, 1924, p. 64).

floristique de l'association montre que la majorité des espèces qui la constituent est nettement méditerranéenne.

La plaine du Sous, peu arrosée, mais à climat relativement humide, serait, sans l'Arganier, comparable à la plaine du Haouz, c'est-à-dire que sa végétation climatique serait la brousse à *Zizyphus Lotus*. Mais l'adaptation admirable de l'Arganier au climat assure à cette plaine un climat forestier. Les Arganiaies ont certainement couvert à peu près complètement la plaine du Sous, et elles en couvrent encore une grande partie ; là où elles manquent, leur disparition est nettement due à leur destruction par l'homme.

Les Arganiaies de la plaine du Sous sont nettement différentes de celle que Braun-Blanquet et nous avons décrite dans la région de Mogador, et même de celles de la partie sud des collines des Haha. Ce sont des Arganio-Zizyphaies ; l'Arganier [*Argania spinosa* (L.) Maire] y est accompagné de l'*Acacia gummifera* Willd ordinairement abondant, et du *Zizyphus Lotus* L., très abondant, des *Withania frutescens* Pauqui, *Genista ferox* Poiret var. *microphylla* Ball, *Rhus pentaphylla* Desf., *R. oxyacantha* Cav., *Periploca lævigata* Ait., *Gymnosporia senegalensis* (Lamk) Loesener, *Ephedra altissima* Desf., *Asparagus altissimus* Munby, et d'assez nombreuses plantes herbacées.

Les rives des cours d'eau permanents (Oued Sous, Oued Massa et leurs affluents) étaient occupées par une ripisilve à *Populus alba* L. avec *Salix purpurea* L. ssp. *Helix* (L.), *Tamarix* sp., *Vitex Agnus-Castus* L., *Nerium Oleander* L., *Lonicera biflora* Desf., *Hedysarum membranaceum* Coss., *Pluchea ovalis* D. C., *Erianthus Ravennæ* (L.) P. B., etc.

Nous avons pu étudier le versant sud du Grand Atlas en trois points différents : 1° dans la vallée de l'Acif-n-Aït-Moussa, de l'Oued Issen (165^m) au Tizi-Machou (1540^m); 2° dans la vallée des Mentaga; 3° sur le versant sud du Tizi-n-Test (2200^m) et du Tizi-n-Ouichedden (2400^m).

En général la végétation se répartit très régulièrement sur le versant sud en trois étages bien distincts. A la base des montagnes, jusque vers 1000^m à 1400^m, suivant les expositions et la nature du sol, exceptionnellement jusqu'à 1500^m, la végétation climatique est constituée par des Arganiaies.

Ces Arganiaies s'arrêtent en général à la limite inférieure des plus basses neiges d'hiver, et sont remplacées jusque vers 1600^m-1700^m par des Callitriaies à *Callitris articulata* (Vahl) Murb., parfois mélangées de *Juniperus phœnicea* L. A sa limite supérieure la Callitriaie passe progressivement au *Quercetum Ilicis*, qui monte jusque vers 2400^m-2500^m. Le *Juniperetum thuriferae*, qui se développe de 2000^m à 3150^m dans certaines parties du

versant nord, nous a paru manquer dans les parties du versant sud que nous avons étudiées (versant sud de l'Ouichedden); il est vrai qu'il est très réduit sur la portion correspondante du versant nord.

Dans la haute vallée de l'Acif-n-Aït-Moussa, qui constitue une sorte de cuvette intérieure entourée de montagnes plus élevées, et relativement très sèche, des steppes d'alfa s'interposent entre les Arganiaies et les Callitriaies; mais ces steppes paraissent être, au moins en grande partie, anthropogènes.

Nous avons pu, d'autre part, aborder les premières pentes de l'Anti-Atlas au voisinage du littoral (à Aglou et au Djebel Inter) et dans l'intérieur au sud de Taroudant.

Au voisinage du littoral, la végétation climatique était primitivement représentée par des Arganiaies, fortement clairiérées sur les terrains rocheux. Ces Arganiaies ont été presque entièrement détruites par l'homme, et les associations des clairières couvrent actuellement la plus grande partie des montagnes, au moins jusque vers 900^{m} d'altitude. Cette végétation est constituée principalement par l'association à *Euphorbia Echinus* Coss. et Hook., vicariante de l'association à *E. Beaumierana* d'Agadir. Sur la Gada d'Aglou et à Tadouart, cette association présente un faciès remarquable à *Euphorbia dendroides* L.

Au sud de Taroudant, vers Adar ou Aman, les basses montagnes (400^{m}-700^{m}) sont couvertes d'Arganiaies assez bien conservées, avec d'assez nombreux *Acacia gummifera* Willd. et *Olea europæa* L., et un abondant sous-bois où domine *Laburnum platycarpum* Maire. Ces Arganiaies montent jusque vers 1400^{m}.

La flore du Sous est, dans son ensemble, nettement méditerranéenne, mais elle comprend un certain nombre de plantes tropicales, survivantes d'une flore ancienne, et quelques plantes sahariennes.

M. **Marcel Brillouin** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *M. H.-A. Lorentz en France et en Belgique. Quelques souvenirs.*

M. **Emm. de Margerie** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *L'œuvre géographique de Franz Schrader.*

ÉLECTIONS.

Par 26 suffrages contre 6 à M. *G. Weiss*, 2 à M. *Cantacuzène*, 1 à M. *Abelous* et 1 bulletin blanc, M. **Émile Forgue** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *Depage*, décédé.

NOMINATIONS.

MM. **Émile Schwoerer** et **Pierre Weiss** sont désignés pour représenter l'Académie au centième anniversaire de la *Fondation de la Société industrielle de Mulhouse*, le 5 juin 1926.

CORRESPONDANCE.

M. **E. Mathias** et M. **Ch. Riquier** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places de Membres non résidants vacantes par le décès de MM. *Kilian* et *G. Gouy*.

M. **Jean Mascart** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qu'il a reçue, en 1924, sur la *fondation Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les affinités des Cétacés*, par R. Anthony. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Mécanique analytique et Théorie des quanta*, par G. Juvet. (Présenté par M. J. Hadamard.)

3° *Siboga-Expeditie. Les Hydroïdes de l'expédition de Siboga*, par A. Billard. (Présenté par M. L. Joubin.)

4° *Torsion des arbres de transmission. Application industrielle de la théorie des équations intégrales linéaires*, par CHARLES PLATRIER. (Présenté par M. Mesnager.)

5° *Les problèmes agricoles, traités par des ingénieurs agronomes.* (Présenté par M. Lindet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les valeurs exceptionnelles des dérivées successives des fonctions méromorphes.* Note de M. **WALTER SAXER.**

Dans ma Thèse (¹) (Zurich, 1923) j'ai démontré entre autres les propositions de M. Pólya :

A. Si une fonction entière $g(x)$ et sa première dérivée $g'(x)$ possèdent une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard, la valeur exceptionnelle de la dérivée est zéro.

B. Si la fonction supposée $g(x)$ et ses deux premières dérivées possèdent une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard, la fonction $g(x)$ a la forme

$$g(x) = P(x)e^{Q(x)} + a.$$

Les fonctions $P(x)$ et $Q(x)$ sont des polynomes et a une constante.

z est nommée une valeur exceptionnelle de la fonction $f(x)$ au sens de M. Picard, si le nombre des zéros de la fonction $f(x) - z$ est fini.

En étudiant les Mémoires très récents de M. R. Nevanlinna concernant les fonctions entières et les fonctions méromorphes, j'ai trouvé une démonstration plus simple pour les propositions énoncées ci-dessus. En même temps, j'ai trouvé des résultats analogues pour les fonctions méromorphes que je vais expliquer dans ce qui suit.

A'. Si une fonction méromorphe $f(x)$ et sa première dérivée $f'(x)$ possèdent deux valeurs exceptionnelles au sens de M. Picard, les valeurs exceptionnelles de la dérivée sont 0 et ∞.

B'. Si la fonction méromorphe $f(x)$ et ses deux premières dérivées possèdent deux valeurs exceptionnelles au sens de M. Picard, la fonction $f(x)$ a la forme

$$f(x) = R(x)e^{Q(x)} + a,$$

$R(x)$ est une fonction rationnelle, $Q(x)$ un polynome et a une constante.

(¹) W. SAXER, *Ueber die Picard'schen Ausnahmewerte sukzessiver Derivierten* (*Mathematische Zeitschrift*, 17, 1923, p. 1-22; voir p. 1).

Démonstration du théorème A′. — $f(x)$ étant une fonction méromorphe et non rationnelle pour $|x| \geqq 0$, désignons par $n(r, f)$ le nombre de ses pôles compris dans le domaine $0 < |x| < r$ et mettons $n(0, f) = 0$. Posons ensuite

$$\mathrm{N}(r, f) = \mathrm{N}(r, \infty) = \int_0^r \frac{n(t, f)}{t}\, dt,$$

et d'autre part, z désignant une valeur finie quelconque,

$$\mathrm{N}\left(r, \frac{1}{f - z}\right) = \mathrm{N}(r, z).$$

Soit $\mathrm{T}(v, f)$ la fonction caractéristique de la fonction $f(x)$ au sens de M. R. Nevanlinna ([1]). Si pour une valeur z on a

$$\lim_{r=\infty} \frac{\mathrm{N}(r, z)}{\mathrm{T}(o, f)} = 0,$$

en exceptant peut-être certains intervalles de longueur totale finie, j'appelle une telle valeur z valeur exceptionnelle de la classe N. Une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard (de la classe P) est *a fortiori* une valeur exceptionnelle de la classe N. D'après M. Nevanlinna, une fonction méromorphe possède au plus deux valeurs exceptionnelles de la classe N.

A l'aide des résultats de M. Nevanlinna, on démontre facilement le lemme suivant : Si la fonction méromorphe $f(x)$ possède deux valeurs exceptionnelles de la classe P, la valeur zéro est une valeur exceptionnelle de la classe N pour la première dérivée $f'(x)$ de $f(x)$. En supposant deux valeurs exceptionnelles de la classe P pour $f(x)$ et $f'(x)$, une valeur exceptionnelle de $f'(x)$ doit donc être zéro. En appliquant une seconde fois ce lemme, on peut démontrer aisément l'impossibilité de l'existence d'une fonction $f(x)$ avec une valeur exceptionnelle finie de la classe P, dont la dérivée $f'(x)$ possède les deux valeurs exceptionnelles finies 0 et a de la classe P. Les deux valeurs exceptionnelles de la classe P de $f'(x)$, supposées dans le théorème A′, doivent donc être 0 et ∞.

Démonstration du théorème B′. — D'après le théorème A′, $f'(x)$ et $f''(x)$ possèdent les valeurs exceptionnelles 0 et ∞. Par conséquent :

$$f(x) = \mathrm{P}(x)\, e^{\int^x \frac{\mathrm{P}_1(x) e^{\mathrm{G}(x)} - \mathrm{P}'(x)}{\mathrm{P}(x)} dx} + a, \qquad f'(x) = \mathrm{P}(x)\, e^{\mathrm{G}(x) + \int^x \frac{\mathrm{P}_1(x) e^{\mathrm{G}(x)} - \mathrm{P}'(x)}{\mathrm{P}(x)} dx},$$

$$f''(x) = \left[\mathrm{P}'_1(x) + \mathrm{P}_1(x)\mathrm{G}'(x) + \frac{\mathrm{P}_1(x)}{\mathrm{P}(x)}[\mathrm{P}_1(x) e^{\mathrm{G}(x)} - \mathrm{P}'(x)]\right] e^{\mathrm{G}(x) + \int^x \frac{\mathrm{P}(x) e^{\mathrm{G}(x)} - \mathrm{P}'(x)}{\mathrm{P}(x)} dx}.$$

([1]) R. Nevanlinna, *Zur Theorie der meromorphen Funktionen* (*Acta mathematica*, 46, 1925, p. 2-98, voir p. 16-20 et 51-77).

$P(x)$ et $P_1(x)$ sont des fonctions rationnelles, $G(x)$ est une fonction entière et a une constante.

Le nombre des zéros de la fonction

$$l(x) = P'_1(x) + P_1(x)G'(x) + \frac{P_1(x)}{P(x)}[P_1(x)e^{G(x)} - P'(x)]$$

doit être fini. La fonction

$$P'_1(x) + P'_1(x)G'(x) - \frac{P_1(x)}{P(x)}P'(x)$$

est seulement identiquement nulle, lorsque $\frac{P'_1(x)}{P_1(x)} \equiv \frac{P'(x)}{P(x)}$ et $G'(x) \equiv 0$.

Mais, si la fonction $G(x)$ n'est pas une constante, la fonction $l(x)$ possède d'après le théorème de M. Borel, précisé par M. R. Nevanlinna [1], une infinité de zéros. $G(x)$ doit donc être une constante et le théorème B' est démontré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines limites rattachées aux intégrales de Stieltjes.* Note de M. I. KARAMATA, présentée par M. Hadamard.

Considérons les expressions

$$(1) \qquad A_n(f) = \frac{1}{n}\sum_1^n \nu f(a_{\nu,n}) \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots),$$

où $f(x)$ est une fonction continue dans l'intervalle $[a, b]$ et

$$(2) \qquad a \leq a_{\nu,n} \leq b \qquad (\nu = 1, 2, \ldots n;\ n = 1, 2, 3, \ldots .$$

Introduisons la fonction non décroissante dans $[a, b]$:

$$(3) \qquad \alpha(x) = \underset{n=\infty}{\mathrm{L}} \frac{r_n(x)}{n},$$

en désignant par $r_n(x)$ le nombre des éléments $a_{\nu,n}$ ($\nu = 1, 2, 3, \ldots, n$) inférieurs ou égaux à x, et que nous appellerons *fonction de répartition* des éléments de la suite (2).

---

[1] R. NEVANLINNA, *Ueber den Picard-Borel'schen Satz in der Theorie der ganzen Funktionen* (*Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ*, 23, 1924, p. 1-37, voir p. 30).

THÉORÈME. — *Pour que la limite*

$$A(f) = \underset{n=\infty}{\mathrm{L}} A_n(f)$$

existe pour toutes les fonctions continues dans $[a, b]$, *il faut et il suffit que la fonction de répartition* $\alpha(x)$ *existe pour tous les* x *de* $[a, b]$ *excepté au plus un ensemble dénombrable* E. *Dans ce cas, on a*

$$A(f) = \int_a^b f(\xi)\, d[\alpha(\xi)]. \tag{4}$$

Il suffit, pour démontrer ce théorème, de considérer le cas où $f(x)$ est positive. Soit X_ν $(\nu = 0, 1, 2, \ldots, p)$ $(X_0 = a, X_p = b)$ des points de $[a, b]$ n'appartenant pas à l'ensemble E et $l_\nu(L_\nu)$ le minimum (maximum) de $f(x)$ dans $(x_\nu, h_{\nu n})$, de l'inégalité

$$\sum_1^p {}^\nu l_\nu[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] \leq A(f) \leq \sum_1^p {}^\nu L_\nu[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})],$$

on conclut l'égalité (4), c'est-à-dire que l'existence de $\alpha(x)$ entraîne celle de $A(f)$. Pour démontrer la réciproque, il suffit de considérer la fonction particulière

$$\varphi_x(\xi) = \begin{cases} x - \xi & \text{pour} \quad a \leq \xi \leq x, \\ 0 & \text{»} \quad x \leq \xi \leq b. \end{cases}$$

Comme on a

$$A_n(\varphi_x) = \int_0^x \frac{r_n(\xi)}{n}\, d\xi$$

de l'existence (supposée) de $A(\varphi_x)$ et du fait que les fonctions $\frac{r_n(\xi)}{n}$ ne décroissent pas, résulte l'existence de (3), à un ensemble dénombrable près.

Remarquons encore que toute intégrale de Stieltjes, relative à une fonction non décroissante $\alpha(x)$ avec $\alpha(0) = 0$, peut être mise sous la forme

$$\int_a^b f(\xi)\, d[\alpha(\xi)] = \alpha(b) \underset{n=\infty}{\mathrm{L}} \frac{1}{n} \sum_1^n {}^\nu f(a_{\nu,n}),$$

la suite $\{a_{\nu,n}\}$ ayant $\frac{\alpha(\xi)}{\alpha(b)}$ pour fonction de répartition.

Il résulte de cette remarque une démonstration simple du théorème bien connu de M. Hadamard, généralisé de la manière suivante :

THÉORÈME. — *La fonction*

$$F(z)=\sum_{0}^{\infty}{}_{\nu}\, a_\nu b_\nu z^\nu,$$

où

$$b_\nu=\int_0^1 \xi^\nu\, d[\alpha(\xi)]$$

est analytique dans l'étoile rectiligne de la fonction

$$f(z)=\sum_{0}^{\infty}{}_{\nu}\, a_\nu z^\nu \qquad (|z|<1),$$

$\alpha(\xi)$ *étant une fonction à variation bornée.*

Il suffit de démontrer ce théorème pour $\alpha(\xi)$ non décroissant et $\alpha(0)=0$, $\alpha(1)=1$. Soit $\{a_{\nu,n}\}$ une suite ayant $\alpha(x)$ pour fonction de répartition, on peut poser

$$F(z)=\int_0^1 f(\xi z)\, d[\alpha(\xi)]=\underset{n=\infty}{\mathbf{L}}\, F_n(z),$$

avec

$$F_n(z)=\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}{}_{\nu} f(a_{\nu,n}z).$$

Les fonctions $F_n(z)$ étant analytiques et bornées dans leur ensemble pour tout z intérieur à l'étoile de $f(z)$, il résulte de la convergence de cette suite, qu'elle y converge uniformément et y représente une fonction analytique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur les procédés de sommation des séries divergentes* (¹). Note de M. PAUL LÉVY, présentée par M. Hadamard.

1. Considérons une série divergente, pour laquelle les sommes successives soient bornées, et une formule de sommation du type

$$(1)\qquad S=\lim_{n\to\infty}\frac{1}{m_n}(\mu_1 S_1+\mu_2 S_2+\ldots+\mu_n S_n),$$

(¹) Ces remarques ont été exposées le 5 février 1926 au séminaire de M. Hadamard au Collège de France, et sont développées dans un Mémoire, qui paraîtra dans un autre Recueil.

où les μ_n sont des coefficients positifs, et où les sommes

$$m_n = \mu_1 + \mu_2 + \ldots + \mu_n$$

croissent plus lentement que n et assez régulièrement pour que le rapport $\frac{n\mu_n}{m_n}$ tende vers une limite (positive ou nulle). Nous dirons qu'une fonction $N = n + \varphi(n)$ définit un *intervalle de compensation* (n, N) pour la série considérée si la moyenne des sommes S_p d'indices compris dans cet intervalle, calculée en tenant compte des poids μ_p, tend vers S pour n infini. Cette notion est dans une certaine mesure indépendante des coefficients puisque, si par exemple l'intervalle est assez petit pour que $\frac{N}{n}$ tende vers l'unité, l'hypothèse de régularité faite à leur sujet fait que dans cet intervalle les coefficients sont presque égaux. C'est essentiellement une notion dépendant de la rapidité et de la régularité des oscillations des S_n. On démontre aisément que :

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une série dont les sommes successives sont bornées soit sommable par la formule* (1) *est qu'on puisse définir* $\varphi(n)$ *de manière que l'intervalle* (n, N) *soit un intervalle de compensation, et que le rapport* $\frac{m_N}{m_n}$ *tende vers l'unité pour n infini.*

Si alors une série est sommable par la formule (1), elle l'est *a fortiori* si l'on remplace la suite des m_n par une autre suite de quantités m'_n qui croissent lentement et régulièrement avec m_n, c'est-à-dire d'une manière précise, telles que le rapport des accroissements de $\log m'_n$ et de $\log m_n$ tende vers une limite comprise entre 0 et 1 (inclus).

La puissance de la méthode n'est d'ailleurs effectivement augmentée que si cette limite est nulle. Ainsi le plus simple des procédés qui soient plus puissants que celui de Cesarò s'obtient en prenant $m_n = \log n$.

2. Au sujet de procédés de sommation qui ne sont pas du type (1), on a dans le même ordre d'idées les résultats suivants :

1° *Si une série où les* S_n *sont bornés n'est pas sommable par le premier procédé de Cesarò, elle ne l'est par aucun des procédés successifs de Cesarò.*

2° *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une série où les* S_n *sont bornés soit sommable par la méthode de M. Borel* (sommation exponentielle) *est qu'on puisse définir un intervalle de compensation* (n, N) *tel que* $\frac{N-n}{\sqrt{n}}$ *tende vers zéro.*

Cette condition est plus restrictive que la condition de sommabilité par

les moyennes de Cesarò. Pour une série où les S_n sont bornés, la méthode de M. Borel ne peut donc s'appliquer que si celle de Cesarò s'applique. D'une manière plus précise, elle équivaut exactement à l'application de la formule (1) où $m_n = e^{\sqrt{n}}$.

La démonstration de ces résultats se déduit aisément des suivants :

Si une variable x obéit à la loi de Gauss réduite, et si une fonction $f(x)$ mesurable et bornée est telle que la valeur probable de $f(x+a)$ ait une valeur c indépendante de a, $f(x)$ a la valeur constante c. Si une suite de fonctions $f_p(x)$ bornées dans leur ensemble et également continues est telle que la valeur probable de $f_p(x+a)$ tende vers c, $f_p(x)$ tend vers c, et cela uniformément dans tout intervalle fini. Sans la condition d'égale continuité, on peut encore affirmer que la valeur moyenne de $f_p(x)$ dans n'importe quel intervalle fini, si petit soit-il, tend vers c.

3. Tant au sujet des formules du type (1) que des formules de sommation plus générales utiles, lorsque les S_n ne sont pas bornés, la question se pose de définir des *conditions de régularité* telles que deux formules régulières ne soient jamais contradictoires. Ainsi le procédé de sommation obtenu en prenant $\mu_n = \sin^2\sqrt{n}$ est irrégulier. Il donne un poids trop grand à certaines valeurs de n; en particulier, appliqué à la série pour laquelle

$$S_n = \sin^2\sqrt{n},$$

il donne la valeur $\frac{3}{4}$, au lieu de 1.

Les procédés du type (1) seront réguliers si la suite des μ_n est *régulière* (mot dont il s'agit de préciser le sens).

Pour les procédés plus généraux, il s'agit de donner le poids voulu à tout ensemble E de valeurs de n. Le poids attribué à un tel ensemble est d'ailleurs bien défini comme somme de la série pour laquelle $S_n = 1$ ou 0 suivant que n appartient ou non à E, et il s'agit que ce poids, s'il est bien défini, soit égal à celui qu'on obtient par les procédés réguliers du type (1).

Si cette condition est vérifiée, on peut affirmer que le procédé de sommation considéré donne la même somme que les procédés réguliers du type (1) pour toute série où les S_n sont bornés. Cela résulte aisément de ce que chacun de ces procédés, tant au point de vue des conditions d'application que du résultat obtenu, équivaut exactement pour une telle série à l'application de la formule

$$S = \int_{-C}^{+C} s\, d\alpha(s), \tag{2}$$

où $\alpha(s)$ désigne le poids attribué à l'ensemble des valeurs de n pour lesquelles $S_n < s$, et C un nombre plus grand que la plus grande des limites de $|S_n|$ pour n infini. Ainsi la formule de la moyenne de Cesarò équivaut exactement à l'application de la formule (2) si le poids d'un ensemble est défini comme limite de la fréquence des entiers appartenant à cet ensemble.

Observations de M. **Hadamard** *sur les deux Communications précédentes.*

Les ingénieuses idées de M. Karamata se rencontrent partiellement avec certaines de celles qu'émet d'autre part M. Paul Lévy. La manière si différente dont, d'autre part, les deux auteurs tirent parti du même point de départ montre la fécondité du nouvel ordre de considérations.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des suites de fonctions sommables.* Note de M. **Leonida Tonelli**, présentée par M. Émile Borel.

M. Kovanko vient de publier dans les *Comptes rendus* une Note où il a énoncé la proposition suivante :

Si la suite de fonctions sommables $f_1(x)$, $f_2(x)$, ... converge en mesure, dans (a, b), vers $f(x)$, et si

$$\lim_{n\to\infty} (\mathrm{L}) \int_a^x f_n(\alpha)\, d\alpha$$

est une fonction qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale de Lebesgue ou de Denjoy, alors $f(x)$ est intégrable $\binom{\mathrm{L}}{\mathrm{D}}$ et

$$\lim_{n\to\infty} (\mathrm{L}) \int_a^x f_n(\alpha)\, d\alpha = \binom{\mathrm{L}}{\mathrm{D}} \int_a^x f(\alpha)\, d\alpha;$$

et vice versa.

Cette proposition paraît être en contradiction avec l'exemple suivant, qu'on trouve dans le Mémoire de M. Vitali [1].

Soient $f_n(x) = n^2$ dans les intervalles

$$\left(\frac{r}{n}, \frac{r}{n} + \frac{1}{n^3}\right) \qquad [r = 0, 1, 2, \ldots, (n-1)],$$

---

[1] *Sull'integrazione per serie* (*Rend. Circ. Matem. Palermo*, 23, 1907, p. 137).

et $f_n(x) = 0$ ailleurs dans $(0, 1)$. L'ensemble des points où $f_n \neq 0$ est de mesure $\frac{1}{n^2}$; donc l'ensemble des points où $f_n \neq 0$ pour au moins un $n \geq n_1$ est de mesure $< \sum_{n=n_1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$, c'est-à-dire, aussi petit que l'on veut. Par conséquent, la suite $f_1, f_2, \ldots$ converge presque partout dans $(0, 1)$, vers zéro. Or, si $E(x)$ est le plus grand des nombres entiers $\leq x$, nous avons

$$\frac{1}{n} E(nx) \leq \int_0^x f_n(\alpha)\, d\alpha \leq \frac{1}{n} \{ E(nx) + 1 \}.$$

La suite des intégrales $\int_0^x f_n(\alpha)\, d\alpha$ converge donc partout, dans $(0, 1)$, vers la fonction $\varphi(x) \equiv x$, qui est bien absolument continue. Mais l'on n'a pas

$$\lim_{n \to \infty} \int_0^x f_n(\alpha)\, d\alpha = \int_0^x (\lim_{n \to \infty} f_n)\, d\alpha.$$

Effectivement, le raisonnement fait par M. Kovanko, dans sa Note, ne paraît pas conduire à la proposition énoncée.

MÉCANIQUE. — *La loi adiabatique dynamique relative aux lignes élastiques.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

On sait que la relation supplémentaire, relative aux fluides mauvais conducteurs de la chaleur qui sont le siège d'une onde de choc, devient ce qu'on appelle la *loi adiabatique dynamique*. M. Jouguet, à qui est due la première généralisation de la formule d'Hugoniot, l'a récemment établie pour un milieu quelconque à trois dimensions dénué de viscosité (¹); nous nous proposons de rechercher cette même loi pour les lignes élastiques sans viscosité. S'il y a viscosité, nous avons vu, en effet, qu'aucune onde n'est susceptible de se propager (²).

Considérons donc une ligne élastique qui soit le siège d'une onde de choc persistante c'est-à-dire du premier ordre par rapport à x, y, z et aux cosinus directeurs α, β, …, γ_2 du trièdre mobile (M). Le principe d'équi-

(¹) E. Jouguet, *Notes sur la théorie de l'Élasticité* (*Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse*, 3ᵉ série, 12, 1921, p. 62).

(²) Voir nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 569 et 684).

valence appliqué à une portion $\mu_1\,\mu_2$ de la ligne s'écrit

$$(1)\qquad d\mathcal{T}_e = \mathfrak{E}\,dQ + d\int(\mathfrak{V} + \mathfrak{W})\,dm,$$

$d\mathcal{T}_e$ désignant le travail élémentaire des forces extérieures, qui comprend celui des forces $\mathcal{R}$, $-\mathcal{R}$ et des couples $\mathcal{E}$, $-\mathcal{E}$ appliqués en μ_1, μ_2 et résultant des liaisons qu'exerçaient en μ_1 et μ_2 les parties de lignes supprimées $M_1\mu_1$ et $\mu_2 M_2$; dQ la quantité de chaleur dégagée par $\mu_1\mu_2$ pendant le temps dt; $(\mathfrak{V}, \mathfrak{W})\,dm$ les énergies interne et cinétique de l'élément de masse dm, et d la variation éprouvée pendant le temps dt.

Supposons que l'onde se propage dans le sens des arcs croissants et prenons μ_1, μ_2 de part et d'autre de l'arc $\widehat{MM'}$ balayé par l'onde pendant le temps dt, $\mu_1 M$ et $M'\mu_2$ étant pris de l'ordre de dt. Alors, les parties principales des termes extrêmes de (1) sont :

$$d\mathcal{T}_e = -\,dt\,\delta\,|\,\mathcal{R}_u U + \mathcal{E}_u \mathfrak{P}\,|,$$

$$d\int(\mathfrak{V} + \mathfrak{W})\,dm = -\,\rho_0 \mathfrak{V}_0\,dt\,\delta(\mathfrak{V} + \mathfrak{W}),$$

U, V, W désignant les composantes de la vitesse de M suivant les axes mobiles. Il en résulte pour dQ une expression de l'ordre de dt.

Mais, d'après la théorie de la conductibilité calorifique, dQ est de l'ordre de dt^2, puisque $K = 0$; ce qui exige qu'on ait

$$(2)\qquad \rho_0 \mathfrak{V}_0\,\delta(\mathfrak{V} + \mathfrak{W}) - \delta\,|\,\mathcal{R}_u U + \mathcal{E}_u \mathfrak{P}\,| = 0,$$

avec

$$2\mathfrak{W} = |\,U^2 + A^2\mathfrak{P}^2\,|,$$

d'où

$$2\,\delta\mathfrak{W} = |\,(U_1 + U_2)\,\delta U + A^2(\mathfrak{P}_1 + \mathfrak{P}_2)\,\delta\mathfrak{P}\,|.$$

Cela posé, si la ligne est à six paramètres, on a

$$\delta(U, V, W) = -\,\mathfrak{V}_0\,\delta(\xi, \eta, \zeta),$$

de sorte qu'en tenant compte des six équations fondamentales, la relation (2) s'écrit indifféremment

$$(3)\qquad 2\rho_0^2 \mathfrak{V}_0^2\,\delta\mathfrak{V} - \delta\left|\,\mathcal{R}_u^2 + \left(\frac{\mathcal{E}_u}{A}\right)^2\right| = 0,$$

ou

$$(3')\qquad 2\rho_0\,\delta\mathfrak{V} + |\,(\mathcal{R}_{u_1} + \mathcal{R}_{u_2})\,\delta\xi + (\mathcal{E}_{u_1} + \mathcal{E}_{u_2})\,\delta p\,| = 0.$$

Si la ligne est à quatre paramètres, on a

$$\delta U = -\mathcal{V}_0 \delta \partial, \qquad \delta(V, W) = 0$$

et les équations précédentes deviennent

$$(4) \qquad 2\rho_0^2 \mathcal{V}_0^2 \delta \mathcal{O} - \delta\left[\mathcal{R}_u^2 + \left|\left(\frac{\mathcal{E}_u}{A}\right)^2\right|\right] = 0,$$

ou

$$(4') \qquad 2\rho_0 \delta \mathcal{O} + (\mathcal{R}_{u_1} + \mathcal{R}_{u_2}) \delta \partial + |(\mathcal{E}_{u_1} + \mathcal{E}_{u_2}) \delta p| = 0.$$

Les relations (3), (3′) et (4), (4′) expriment la loi adiabatique dynamique étendue aux lignes élastiques. Les formes (3) et (4) rappellent tout particulièrement l'une de celles données par M. Jouguet pour les milieux à trois dimensions.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'aérodynamique des moulins à vent.* Note [1] de M. **Amans**, présentée par M. Rateau.

Je désire appeler l'attention sur quelques points généralement peu étudiés par les constructeurs, ou négligés par les théoriciens : la signification du *gros bout* dans les profils et ses rapports avec le sens de la rotation, les mesures de la résistance aérienne en fonction de l'incidence β du bras de la pale sur l'équateur, du sens de torsion et de l'incidence i du vent sur l'équateur.

Dans mes expériences, l'axe du moulin et la direction du vent sont toujours dans le même plan vertical; l'axe du vent est immuable, et c'est l'équateur du moulin qui se déplace à des angles i variant de 0 à 90°. Le courant a une constance impeccable de 2,60 m/s environ; il est produit par un déplaceur d'air spécial [tel que ceux que j'ai décrits dans des Communications au Congrès international d'Aéronautique (Milan, 1906); *Congrès de l'A. F. A. S.* (Montpellier, 1922); *Recherches et Inventions* (mars 1923)], mû par un train d'engrenages à contrepoids et chariot régulateur de vitesse.

L'action du vent peut se décomposer en trois forces, deux horizontales : F_x parallèle à la direction du vent, ou *poussée axiale*, F_y perpendiculaire ou *dérive*, et la troisième F_z verticale. Je mesure ces composantes au

(1) Séance du 22 mars 1926.

moyen de deux balances, l'une pour F_z, l'autre pour F_x et F_y. Elles occupent une position immuable en dehors de la zone homogène, de manière que l'interaction soit réduite au minimum, et sensiblement la même pour toutes les positions du moulin.

I. Sur les épaisseurs et courbures des profils. — Dans un ovoïde, le gros bout correspond au maître-couple. Par analogie, dans un profil d'aile, où la ligne moyenne a des courbures analogues à celle du méridien d'ovoïde, je dirai que le gros bout correspond au point situé à la plus grande distance de la corde. Ne pas confondre la position de ce point avec celle d'épaisseur maximum, bien que l'on fasse en général coïncider ces deux positions.

a. Moulins à moment maximum de rotation. — J'ai toujours fait coïncider ces deux positions dans mes expériences sur les hélices propulsives aériennes, sur les déplaceurs d'air pour dessiccation, les anémomètres et les moulins à vent (hollandais, américain), mais en étudiant les moulins à vent, à axe vertical, à pales griffoïdes [dont j'ai parlé dans *Bull. Acad. Montp.*, en 1916, et plus tard au Congrès de l'Eau (Montpellier, 1923)], je n'obtiens pas de rendement supérieur en plaçant l'épaisseur maximum au $\frac{1}{3}$ antérieur, position de la flèche maximum. Il vaut mieux, pour des raisons de sécurité, mettre l'épaisseur maximum plus à l'Æ, vers la région moyenne du profil.

b. Moulins à poussée axiale maximum. — Il en est ainsi dans les graines d'érable, dans les voilures tournantes d'avion. Dans les graines d'érable, les deux positions coïncident et la pale tourne gros bout *N*; il en est de même pour les moulins, mais cependant nous verrons plus loin qu'il y a des cas où la poussée maximum correspond à une rotation en sens inverse, *à gros bout* Æ.

II. Incidences des bras et des profils dans les moulins à pales portantes. — Je désigne par β l'angle du bras de la pale avec l'équateur : $\beta = 0°$ lorsque l'extrémité distale est dans l'équateur; je dirai que β est positif si le bras est incliné en Æ (*proue convexe*), et que β est négatif, si le bras est incliné en *N* (*proue concave*).

Si δ est l'angle de la corde de profil distale mesurée aux $\frac{3}{4}$ du rayon, et α l'angle proximal mesuré au $\frac{1}{4}$ du rayon, je dirai que la *torsion* est *positive* (θ_+) si $\delta - \alpha > 0$, et *négative* (θ_-) si $\delta - \alpha < 0$.

Parmi les nombreuses variétés de pales expérimentées, je prends, pour illustrer le sens de rotation, une rémige digitale. Elle a les caractères fondamentaux d'une zooptère : *Proximum creux, distum plat, bras incurvé, profils hétérogones.* Je façonne la rémige de manière que je puis à volonté faire de la torsion positive ou négative sans modifier la courbure du bras.

Je monte quatre de ces pales sur un moyeu, et celui-ci sur l'arbre d'un compte-tours (n, nombre de tours à la seconde).

Aux tableaux des résistances de ces deux types de moulinets, j'ai joint celui d'un rectangle à profil plan-convexe 200×65^{mm}, à profil épais (16^{mm} au gros bout). La surface totale des quatre rémiges est 112^{cm^2}.

Je me suis borné aux chiffres donnés par la proue concave, parce que celle-ci donne un meilleur rendement.

$\theta_{-10°}$, $\delta = -4°$, $\beta = -10°$.				$\theta_{+8°}$, $\delta = -3°$, $\beta = -10°$.				Rectangle 200×65^{mm}.		
i.	F_z.	F_x	n.	i.	F_z.	F_x.	n.		F_z.	F_x.
−10°	0	0,50		−7°				−7°	0	0,25
0	1,75	0,50			3,25	0,5	4		2,5	0,25
10	3	0,75	2,5		5,5	0,75	6		5,5	0,75
20	4	1,53	6		6,75	1,25	9		6	1,5
30	6	3,25	9		8,5	4	11		7	2,25
45	4,25	7,75	12		9	7	13		6	4,5
65	2,25	12,75	14		7	11	14,5		4	5,25
90		16,5	15			15,5	15		0,25	6,5
90 (¹)		1,9	11		(²)	19	11			

Remarques. — 1° Aux faibles incidences, voisines de zéro, le moulinet θ_{+8} a une sustentation plus élevée que θ_{-10} et même que le rectangle.

La torsion positive serait donc indiquée pour les faibles incidences du vent.

2° Le maximum de poussée axiale est obtenu en faisant tourner la moulin *gros bout arrière*. Ce maximum demande une moindre variation d'incidence avec la torsion négative (δ passe de $-4°$ à $+4°$).

3° Il est le triple de la poussée sur le rectangle, bien que celui-ci ait une surface légèrement supérieure. Il est même plus grand que la poussée sur un disque plan de 24^{cm} de diamètre, dont F_x ne dépasse pas 16,5.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Recherches sur les phénomènes de lubrifaction au moyen de la spectrographie par les rayons X.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. de Broglie.

On sait qu'un très grand nombre de substances organiques à longue chaîne, tels que les acides gras, les éthers, les alcools, les graisses, etc.,

(¹) $\delta = +4°$.
(²) $\delta = +16°$.

sont susceptibles de donner lieu à de très bons spectres de réflexion des rayons X; les résultats acquis dans cette voie ont été signalés dans de précédentes Notes.

J'ai cherché à appliquer ces propriétés à l'étude des phénomènes de lubrifaction. Bragg avait en effet émis l'hypothèse que l'origine du graissage devait être recherchée dans la structure feuilletée que certaines substances peuvent acquérir par simple pression [1]; il était intéressant de vérifier cette hypothèse en s'adressant à des graisses et à des mélanges divers employés pratiquement comme agents de lubrifaction.

Les substances étudiées (suifs, graisses blanches, graisses « consistantes », graisses à robinets etc.) présentent un aspect amorphe et possèdent une consistance pâteuse. Une petite quantité de ces produits est placée sur une lame de verre ou de métal, puis recouverte d'une autre lame de verre ou de métal à qui l'on imprime ensuite un mouvement de va-et-vient, en même temps qu'on presse les deux pièces l'une sur l'autre. Dans ces conditions, on constate que la résistance observée au début quand la graisse commence à s'étaler, diminue progressivement à mesure que la couche s'amincit et que la graisse s'étale. On sépare alors par glissement les deux lames qui se trouvent enduites d'une mince couche graisseuse; c'est cette préparation que l'on place sur le barillet du cristal tournant et que l'on radiographie (anticathode fer; 40000 volts, 8 à 12 milliampères).

Dans la plupart des produits essayés, on constate ainsi l'apparition de spectres d'orientation dont certains sont très intenses. La présence de ces spectres prouve d'une façon certaine que la couche graisseuse s'est stratifiée par suite du frottement des pièces l'une contre l'autre; dans certains cas, le simple étalement avec le doigt suffit à en provoquer l'apparition. Enfin, si l'on essaie d'amener la formation de cette structure par la chaleur, en fondant la graisse sur la lame et en laissant refroidir, on constate que la stratification ne se fait que très mal, ou pas du tout, ce qui se traduit par la disparition du spectre.

C'est donc par le jeu même des organes en mouvement que se produit la formation en feuillets. Si l'on introduit de la graisse dans un moyeu de roue par exemple, il se produit d'abord par la rotation de la roue un laminage qui a pour effet de faire passer la substance à cet état stratifié, par suite de l'orientation des molécules; c'est à ce stade que correspond la résistance qu'offrent au début de leur mouvement des pièces fraîchement graissées. Après quoi, la stratification s'opérant, les feuillets formés glissent les uns sur les autres à la manière de cartes à jouer.

---

[1] Bragg, *Nature* 21, février 1925, p. 266.

Il est à noter que le principe de la méthode nécessite l'emploi de substances solides ou pâteuses, capables de conserver l'orientation qu'on leur impose. Dans le cas de composés liquides, l'agitation moléculaire rend difficile l'observation de couches stratifiées; il est probable cependant qu'elles existent, comme dans les bulles de savon, et, en effet, nous avons pu le constater — bien que faiblement — dans certains cas.

Structure des couches de graisse. — Les essais que j'ai effectués sur des triglycérides ou des carbures saturés — qui sont les constituants principaux des graisses — ont permis de montrer, outre l'accroissement régulier de la distance réticulaire avec le nombre d'atomes de carbone, que les « feuillets » étaient bimoléculaires dans le premier cas (2 molécules se tournant le dos) et monomoléculaires dans le deuxième cas.

Les stratifications observées pour les graisses de graissage se produisent sur une épaisseur notable, car pour donner lieu à un phénomène de diffraction visible, il faut au moins 4 à 500 empilements ou feuillets. De plus, il est probable que les principaux constituants du produit donnent leur stratification propre, comme le montrent certains cas où l'on observe deux spectres.

Il paraît certain que l'orientation moléculaire, qui est à la base du phénomène, s'amorce à la surface du verre ou du métal, absolument comme dans le cas des acides gras fondus sur des métaux; or j'ai montré antérieurement que cette orientation était favorisée par la présence de groupes actifs dans la molécule (acides gras saturés ou non, glycérides) ([1]) : on peut peut-être expliquer ainsi la raison d'être des mélanges de matières grasses d'origine animale ou d'acide gras ([2]) aux huiles minérales, les premiers de ces corps étant susceptibles de s'attacher au métal, en s'orientant, et par suite en présentant à l'extérieur une surface garnie de CH^3 sur laquelle les molécules d'hydrocarbures glissent très aisément.

Enfin il y a lieu de signaler que les phénomènes de stratification présentés par les graisses pressées offrent un intérêt analytique : il est possible d'avoir en effet des renseignements sur la composition de la substance, la présence de graisses d'origine animale ou minérale, par le calcul des distances réticulaires et l'examen de la répartition des intensités dans les spectres; on peut également, en utilisant successivement des lames de verre ou de métal, déceler les constituants acides qui se manifestent par l'apparition d'un

---

([1]) J.-J. Trillat, *Thèse de Doctorat*, Paris, mars 1926.
([2]) P. Woog, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 772.

spectre nouveau sur lame métallique, et étudier enfin l'altération des surfaces graissées par ce procédé de radiométallographie extrêmement sensible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cristallisation de la glycérine.* Note (1) de M. **Michel-O. Samsoen**, présentée par M. Henry Le Chatelier

Nous avons signalé (2) que la glycérine sous-refroidie présente, comme tous les corps à l'état amorphe, un changement de coefficient de dilatation au delà de — 62°.

Nous étions amené pour ces mesures à descendre très lentement et très progressivement le réservoir dilatométrique dans le mélange réfrigérant contenu dans un vase de Dewar. Pour éviter le bris de l'appareil, nous étions contraints de le laisser se réchauffer très lentement dans le bain en cessant de calorifuger l'ouverture du vase de Dewar.

Dans ces conditions, la cristallisation de notre glycérine s'est toujours amorcée spontanément, les centres de cristallisation commençant à apparaître et à se développer au réchauffement vers — 23°.

La cristallisation spontanée de la glycérine est restée une question assez mystérieuse depuis sa découverte accidentelle par Chevreul. Nous nous sommes donc efforcé d'en préciser les conditions.

Nous avons préparé nos échantillons de glycérine pure par la méthode recommandée par Manathattaï Pichu Iyer, Venkatarama Iyer et Francis Lawry Usher (3). L'air circulant sur la glycérine maintenue à 90° dans un vide de 2^{mm} était desséché par de la ponce sulfurique et par de l'anhydride phosphorique. Dans des opérations successives nous avons interverti l'ordre de ces passages. Nous avons également préparé des échantillons par simple distillation dans le vide. Dans tous ces cas nous avons vérifié la pureté de notre produit par la mesure des constantes physiques.

Dans tous les cas également nous avons opéré dans des dilatomètres à tige dont le réservoir avait une capacité comprise entre 20^{cm^3} et 30^{cm^3}; la tige était fermée à la lampe aussitôt après le remplissage. Ce remplissage étant fait avec de la glycérine à 90°, il était impossible qu'un germe subsistât dans l'appareil.

(1) Séance du 15 mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 517.

(3) *J. Chemical Society*, 127, 1925, p. 841.

Le nombre de centres de cristallisation observés a varié entre 2 et 15. Il a été impossible de faire apparaître le moindre centre tant que la température de refroidissement prolongé n'a pas été inférieure à — 40°. L'intervalle optimum de température est compris entre — 50° et — 55°.

Des traces de P^2O^5 augmentent le nombre de centres de cristallisation sans que l'on puisse affirmer que ce corps agisse en enlevant les dernières traces d'eau ou qu'il ait une action propre.

La présence d'une quantité d'eau inférieure à 0,5 pour 100 a empêché la formation d'un centre quelle que soit la durée de sous-refroidissement.

Nous avons mesuré les vitesses de cristallisation dans un tube de 1^{cm^2} de section. Cette vitesse est nulle au-dessous de — 25° et au-dessus de + 13°. Elle passe par un maximum à — 9°, soit $3^{mm},5$ à l'heure. Elle reste voisine de ce maximum de — 13° à + 5°, soit 3^{mm} à l'heure; à 0° cette vitesse est de $1^{mm},2$.

Nous avons enfin mesuré le point de fusion de cristaux de glycérine longuement essorés après broyage, nous l'avons trouvé égal à 18°,07.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formules donnant la densité d'un fluide et le diamètre moléculaire*. Note de M. **John H. Shaxby**, présentée par M. Jean Perrin.

La densité d'un fluide est déterminée par un équilibre entre l'attraction moléculaire qui tend à une contraction plus grande et le mouvement thermique qui tend à une plus grande dispersion. J'ai développé dans ce sens une théorie dont voici les résultats principaux, avec vérifications.

L'équilibre des énergies potentielle et cinétique impose l'équation

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{V}{RT}}, \tag{1}$$

ρ étant la densité, V l'énergie potentielle moléculaire du fluide, ρ_0 la densité à l'état moléculaire le plus serré (énergie potentielle nulle).

V est elle-même fonction de ρ, et l'examen de la probabilité qu'une molécule subisse une déviation moindre qu'un maximum arbitraire montre, E_0 et B étant des quantités constantes pour un fluide donné,

$$V = E_0 - B\rho^{\frac{1}{3}}. \tag{2}$$

Si la température critique est T_c et la densité critique ρ_c, et si l'énergie

cinétique est égale à l'énergie potentielle à la température critique, on trouve

$$(3) \qquad \rho^{\frac{1}{3}} - \alpha T \log_e \rho_1^{\frac{1}{3}} = \rho_1^{\frac{1}{3}} - \alpha T \log_e \rho_0^{\frac{1}{3}},$$

ce qui se vérifie bien pour les liquides, et moins bien pour les vapeurs saturantes (Tableau I), α et $\rho_1^{\frac{1}{3}}$ étant aussi des quantités caractéristiques du fluide, telles que

$$\alpha = \frac{\rho_c^{\frac{1}{3}}}{T_c} \quad \text{et} \quad \rho_1^{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2}\rho_c^{\frac{1}{3}},$$

ce qui se vérifie (colonnes 1 et 2 du Tableau II). En outre,

$$(4) \qquad \rho_0^{\frac{1}{3}} = e^{\frac{1}{2}} \rho_c^{\frac{1}{3}},$$

ce qui se vérifie (colonnes 3 et 4 du Tableau II).

Il s'ensuit que l'énergie moléculaire caractéristique E_0 est égale à $\frac{9}{2}RT_c$, ou à trois fois l'énergie cinétique à la température critique, ce qui se vérifie (colonnes 5 et 6 du Tableau II).

Les équations (1) et (2) donnent $V_2 - V_1 = RT \log_e \frac{\rho_1}{\rho_2}$, les indices 1 et 2 indiquant respectivement le liquide et la vapeur saturée. Mais $V_2 - V_1$ doit être intimement uni à la chaleur latente de vaporisation L, et cette quantité est sensiblement égale à $CRT \log_e \frac{\rho_1}{\rho_2}$ [1], C étant une constante de 1,7 à 2,0 approximativement. De plus, J.-E. Mills [2] a montré en se servant de l'hypothèse des attractions moléculaires suivant la loi du carré inverse (qui est cependant impossible), que L est égal à $K\left(\rho_1^{\frac{1}{3}} - \rho_2^{\frac{1}{3}}\right)$, K étant une constante. Cette expression est immédiatement déduite de l'équation (3), donc ne dépend en aucune façon d'une loi de force quelconque, mais résulte de la théorie cinétique.

Si M est le poids moléculaire, N le nombre d'Avogadro et σ le diamètre d'une molécule, on a $\frac{M}{N} = \rho_0 \sigma^3$, d'où par l'équation (4), $\sigma = e^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{M}{N\rho_c}\right)^{\frac{1}{3}}$. En partant de cette formule, on a calculé (Tableau III) les diamètres de

---

(1) CROMPTON, *Proc. Chem. Soc.*, 17, 1901, p. 61. — DIETERICI, *Ann. der Physik*, 25, 1905, p. 169; 35, 1911, p. 220.

(2) MILLS, *Jour. Physical Chemistry*, 6, 1902, p. 209.

diverses molécules; on a ajouté les valeurs déduites de la viscosité des gaz par la théorie cinétique (selon deux séries de données dans les Tableaux de Kaye et Laby). La correspondance est bonne, sauf pour l'hydrogène et l'hélium.

TABLEAU I.

Heptane $\left(\alpha = 2,60.10^{-3};\ \rho_1^{\frac{1}{3}} = 0,925;\ \rho_0^{\frac{1}{3}} = 1,016\right)$

Température.	$\rho_1^{\frac{1}{3}} - \alpha T \log \rho_0^{\frac{1}{3}}$.	$\rho^{\frac{1}{3}} - \alpha T \log \rho^{\frac{1}{3}}$ (liquide).	(vapeur).
80°	0,9182	0,9189	0,9523
120	0,9175	0,9176	0,9378
160	0,9167	0,9165	0,9309
200	0,9159	0,9163	0,9282
240	0,9152	0,9161	0,9224
260	0,9148	0,9149	0,9164
265	0,9147	0,9142	0,9144
266,9 (temp. crit.)	0,9147	0,9184	

TABLEAU II.

Substance.	$\rho_1^{\frac{1}{3}}$.	$\frac{3}{2}\rho_c^{\frac{1}{3}}$.	$\rho_0^{\frac{1}{3}}$.	$e^{\frac{1}{2}}\rho_c^{\frac{1}{3}}$.	E.	$\frac{9}{2}RT_c$.	V_c.	$\frac{3}{2}RT_c$.
Eau	1,039	1,036	1,142	1,139	23,52	22,85	7,89	7,95
Ammoniaque	0,941	0,927	1,055	1,020	15,40	15,19	5,28	5,06
Éther	0,962	0,960	1,065	1,055	17,20	17,47	5,75	5,80
Isopentane	0,910	0,925	1,002	1,016	17,18	17,24	5,46	5,75
Heptane	0,931	0,925	1,038	1,016	20,99	20,21	7,06	6,74
Diisopropyle	0,920	0,932	1,001	1,010	18,17	18,73	5,90	6.24

TABLEAU III.

Substance.	Diamètre moléculaire (10^{-8} cm) $e^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{M}{N\rho_c}\right)^{\frac{1}{3}}$.	par la viscosité (a).	(b).
Hydrogène	2,88	2,47	2,17
Hélium	2,82	2,18	1,92
Argon	3,03	3,36	2,66
Azote	3,21	3,50	2,95
Oxygène	3,01	3,39	2,71
Protoxyde d'azote	3,30	4,27	3,33
Oxyde de carbone	3,21	3,50	2,74
Acide carbonique	3,27	4,18	2,90

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la fabrication du verre de silice transparent.* Note de M. **Henri George**, présentée par M. Paul Janet.

La fabrication industrielle du verre de silice transparent présente de grandes difficultés en raison de la très haute température nécessaire (2000° environ) et de la viscosité considérable du verre à cette température. Cette viscosité est telle que les bulles de gaz qui se trouvent emprisonnées entre les grains de la charge ne peuvent remonter à la surface. On pourrait espérer remédier en partie à cet inconvénient en fondant de très gros morceaux de quartz, mais cela est impossible, car à 570° environ, le quartz subit une transformation allotropique accompagnée d'un brusque gonflement et, à cette température, quelles que soient les précautions prises pour le chauffage, les morceaux de quartz volent en éclats.

Le procédé le plus récent, mis en œuvre dans les laboratoires de la General Electric C° par M. E. Berry et ses collaborateurs, consiste à fondre du cristal de roche très pur et dépourvu d'inclusions gazeuses. La première opération de fusion a lieu sous le vide; on soumet ensuite la masse encore plastique à une forte compression pour en chasser les dernières bulles. Le même procédé a été employé dès 1913 par l'ingénieur allemand Hugo Helberger (¹) et une mise au point historique rappelant les travaux et les brevets de cet ingénieur a paru en août 1924 dans la *Physikalische Zeitschrift* sous la signature de M. v. Schwarz (p. 375).

Ces procédés présentent de très grandes difficultés de réalisation et expliquent facilement le prix élevé de la silice transparente.

Il est possible, et c'est le résultat que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, d'obtenir le verre de silice transparent dépourvu de bulles en procédant à la simple fusion au creuset de certains quartzites naturels présentant des caractères tout particuliers.

Les roches qui conviennent ont un aspect blanc mat et sont d'une très grande pureté. La moyenne de plusieurs analyses a donné 99,9 pour 100 de SiO^2 ce qui est sensiblement plus que le cristal de roche. L'examen microscopique d'une coupe montre que la roche est constituée par des éléments de mêmes dimensions moyennes engrenés très exactement les uns avec les autres sans l'interposition d'aucun ciment d'une texture différente,

(¹) Brevet allemand 310134 du 10 décembre 1913.

ni d'aucune impureté. Les axes des cristaux élémentaires sont orientés d'une façon quelconque. Leur diamètre moyen est, pour l'échantillon étudié, d'environ $0^{mm},05$. Enfin, caractère tout à fait exceptionnel pour des roches de cette formation, il n'y a pas d'inclusions gazeuses.

L'ensemble de ces caractères : pureté, finesse et structure engrenée des éléments cristallins, absence de gaz occlus, explique bien le résultat obtenu. En fait, la tenue au feu de cette roche est extraordinaire ; des morceaux de plusieurs kilogrammes peuvent être chauffés jusqu'à fusion sans se briser ni se fissurer.

Il semble que ce résultat montre la voie à suivre pour la fabrication de la silice transparente dans des conditions industrielles de quantité et de prix de revient. Il faut remarquer toutefois que les quartzites présentant les caractères que nous avons définis sont nettement exceptionnels. Il est donc prudent d'attendre le développement des recherches entreprises avant de pouvoir considérer le problème comme complètement résolu.

CHIMIE. — *Sur l'emploi du glycogène dans la préparation des métaux colloïdaux.* Note de MM. **L. Hugounenq** et **J. Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il est possible de généraliser l'ancienne pratique des colloïdes *protecteurs* ou *stabilisateurs* dans la préparation des métaux colloïdaux.

Il a déjà été établi que la micelle de certains colloïdes présente, selon leur signe, une adsorption élective pour l'un des ions dissociés d'un électrolyte. La méthode utilisant, par exemple, cette propriété au bénéfice du cation, consiste à former d'abord l'oxyde sur une micelle négative (glycogène, gomme arabique, etc.). Par action de réducteurs appropriés, le métal est réduit sur la surface même de la micelle, donc en bénéficiant de son état colloïdal, si la micelle support est restée stable pendant la réduction.

Le glycogène [1], entre autres, réalise parfaitement ce rôle de support, avec l'avantage d'être parfois lui-même réducteur, c'est-à-dire que certaines solutions glycogéniques d'oxydes (Au, Pt, Ro, Ag, Hg) se réduisent spontanément par simple ébullition et sans l'adjonction d'aucun autre

(1) On a décrit des combinaisons du glycogène et de certains sels (Ba, Pb, etc.), mais sans avoir déterminé leurs relations avec l'état colloïdal,

réducteur, vraisemblablement par suite de l'action hydrolysante des oxydes adsorbés, sur une fraction de la micelle support. Le glycogène permet d'obtenir ainsi à froid des oxydes colloïdaux de la plupart des métaux : Pt, Ro, Au, Ag, Hg, Bi, Fe, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Mg. Par ébullition ils forment spontanément des oxydes métalliques de Au, Pt, Pd, Hg, Ag, Ro.

Les colloïdes obtenus sont purifiés par dialyse, précipités et lavés à l'alcool et séchés dans le vide.

A titre d'exemple nous décrirons les colloïdes d'argent et de mercure sur le glycogène et de bismuth sur la gomme.

Colloïde glycogène + argent. — Dès l'addition de NO^3Ag à la solution alcaline de glycogène, la solution se colore en noir intense par formation d'oxyde d'argent colloïdal. On le purifie par précipitation à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther, dialyse, précipite par l'alcool et sèche dans le vide.

Le colloïde obtenu est instable en présence de HCl qui forme un floculat spongieux d'argent noir. Il décompose l'eau oxygénée en milieu légèrement alcalin.

Nous nous sommes assuré, avec des cultures d'*Aspergilus niger* sur liquide de Raulin, qu'à poids égal d'argent, le glycogène argentique est plus actif que le collargol.

Colloïde glycogène + mercure. — L'addition de nitrate mercureux à une solution glycogénique alcaline entraîne la formation d'oxyde de mercure colloïdal. Pour le réduire, il suffit de porter à l'ébullition. Le colloïde est stable et donne une solution brun clair.

Colloïde gomme + bismuth. — On ajoute une solution de nitrate de bismuth dans l'eau à la faveur de glycérine ou de sorbite, à une solution alcaline de gomme arabique : par chauffage, on obtient l'oxyde colloïdal. On réduit par ébullition avec un excès de glucose. On purifie par une série de précipitations à l'alcool et redissolution dans l'eau. Au point de vue de la solubilité, il y a intérêt à ne pas dépasser une teneur de 7 pour 100 de métal.

Nous avons étudié les propriétés thérapeutiques du Bi, à cet état, sur la syphilis. Si les accidents primitifs ont cédé par l'injection d'une quantité totale de $0^g,12$ de métal (par conséquent inférieure à celle employée dans les préparations courantes), les accidents tertiaires ont nécessité l'emploi d'une quantité de colloïde représentant sensiblement le même poids de métal que celui employé dans les autres préparations bismuthiques. L'emploi du Bi à cet état, dans le traitement de la syphilis, ne nous a donc pas semblé avoir grand intérêt.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation catalytique des vinylalcoylcarbinols.* Note de M. CHARLES PRÉVOST, présentée par M. Moureu.

Nous avons signalé, M. Lespieau et moi [1], l'obtention d'érythrène par déshydratation catalytique du méthylvinylcarbinol. Celle-ci, obtenue vers 340°, avec une alumine peu active, n'a jamais donné un rendement supérieur à 25 pour 100. Je me suis proposé d'améliorer la méthode, mais en m'adressant à l'éthylvinylcarbinol qui aurait l'avantage de conduire à un carbure liquide, le pentadiène 1.3. J'ai en effet obtenu ce carbure, et les meilleures conditions semblent être : *a.* alumine préparée par l'action du gaz carbonique sur un aluminate; *b.* température comprise entre 350° et 365°; *c.* vitesse de 60^{g} à l'heure. Le rendement en pentadiène 1.3 est alors de 60 à 70 pour 100, si l'on a soin de renouveler souvent le catalyseur qui se fatigue assez vite.

On obtient simultanément :

1° Un alcool bouillant de 112° à 118°, vraisemblablement l'éthylvinylcarbinol n'ayant pas réagi, mélangé peut-être de son isomère le méthylpropénylcarbinol (25 à 35 pour 100 de l'alcool employé).

2° Vers 138°-139° quelques gouttes d'un alcool qui paraît identique au buténylcarbinol décrit par M. Delaby [2]. C'est un alcool primaire car son oxydation chromique fournit une aldéhyde sensible au réactif de Schiff et au nitrate d'argent ammoniacal.

3° Enfin des produits à points d'ébullition élevés (150-220°). Leurs réactions y indiquent comme probables les fonctions carbure et éther-oxyde non saturés (5 pour 100 environ de l'alcool employé).

Le pentadiène ainsi obtenu passe en majeure partie à 42°, point indiqué par divers auteurs. Bien qu'il soit connu, j'ai fait sur lui un certain nombre de réactions, moins pour l'identifier que pour me rendre compte de sa pureté. J'ai tout d'abord vérifié qu'il possédait les deux propriétés ci-dessous que je considère comme caractéristiques des carbures érythréniques.

a. Sa réfraction moléculaire ($n_D^{18} = 1,4280$, $d_4^{18} = 0,683$) présente une exaltation de 1,25 (moyenne pour les érythréniques connus : 1,36).

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 4^{e} série, 37, 1925, p. 710.

[2] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1899.

b. La molécule fixe à -20° deux atomes de brome avec décoloration instantanée et deux autres lentement à $+20^{\circ}$.

J'ai dérivé de ce carbure : 1° Deux dibromures homologues de ceux décrits par M. Griner (¹) (Eb. 70° et 88° sous 11^{mm}) et la diacétine du glycol dont le second est la dibromhydrine (Eb. 112°,5 sous 11^{mm}).

2° Un tétrabromure solide (F. 114°,5) déjà connu et un tétrabromure liquide probablement mélangé d'isomères (Eb. 121°-125° sous 3^{mm}) donnant une excellente analyse. Ces tétrabromures abandonnent 2HBr à la soude alcoolique en quantité calculée pour donner le 2.3-dibromopentadiène 1.3 (Eb. 64°,5 sous 12^{mm}), homologue du dibromoérythrène décrit par M. Lespieau et moi (²), et 4HBr à la potasse alcoolique concentrée en excès pour former le diacétylénique CH^3C^4H caractérisé par l'analyse de son dérivé argentique. Tous ces corps ont donné d'excellentes analyses, et leurs propriétés établissent sans ambiguïté leur constitution en même temps que celle du carbure dont ils dérivent, et la pureté de celui-ci, car il fournit presque quantitativement certains d'entre eux.

J'ai cherché à généraliser la méthode, mais, dès l'homologue supérieur, j'ai rencontré de sérieuses difficultés. En gros les phénomènes sont les mêmes avec le propylvinylcarbinol (même rendement en carbures, produits de queue analogues), mais ici le carbure obtenu est complexe. Érythrénique presque en totalité, il bout mal; j'ai pu en isoler une portion bouillant à 77°-78°, et une bouillant à 80°,5-82°.

La première contient sans doute de l'hexadiène 1.3 attendu. En effet, la potasse alcoolique libère du mélange de tétrabromures obtenu en la saturant de brome deux carbures diacétyléniques : l'un vrai bouillant vers 80°, vraisemblablement $C^2H^5C^4H$, qui précipite les réactifs acétyléniques, l'autre $CH^3C^4CH^3$ cristallisé (F. 65°. Eb. 129°-130°) identique à celui décrit par M. Griner (³). Il est ainsi établi que les deux hexadiènes 1.3 et 2.4 existaient dans cette fraction.

Quant à la portion 80°,5-82°, elle a mêmes constantes physiques que l'hexadiène 2.4 de Réif (⁴), donne le même tétrabromure solide (F. 183), le même dibromure (Eb. 94° sous 13^{mm}). C'est l'hexadiène 2.4 à peu près pur.

Enfin le chlorure mercurique précipite les fractions de tête, accusant une quantité presque négligeable de carbure allénique.

(¹) *Comptes rendus*, **117**, 1893, p. 554.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **37**, 1925, p. 706.
(³) *Ann. de Chim.*, 6ᵉ série, **26**, 1892, p. 354.
(⁴) *Berichte*, **41**, 1908, p. 2744.

Le butylvinylcarbinol se comporte de même; le carbure obtenu bout de 100° à 105°, et la fraction 104°-105° a mêmes constantes physiques que l'heptadiène 2.4 de Réif (*loc. cit.*).

Toutefois la potasse alcoolique libère des tétrabromures obtenus avec la totalité du carbure une très petite quantité du diacétylénique $C^3H^7C^4H$ caractérisé par l'analyse de son dérivé argentique, et un peu plus d'un carbure diacétylénique bisubstitué, bouillant vers 143°, point attendu pour $C^2H^5C^4CH^3$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du π de sulfonation.* Note[1] de MM. **Ch. Courtot** et **J. Bonnet**, présentée par M. Ch. Moureu.

Lorsqu'on sulfone une molécule organique, par H^2SO^4, on a la réaction

$$\text{(I)} \qquad RH + H^2SO^4 = R - SO^3H + H^2O$$

formation de dérivé sulfoné et d'eau. L'eau dilue l'acide sulfurique et il arrive un moment où cet acide dilué est incapable de poursuivre la sulfonation. Regnault [2], dès 1837, a établi cette limite dans son étude sur la sulfonation de la naphtaline. La teneur centésimale en SO^3 de cet acide dilué est appelée depuis π de sulfonation, variable selon les molécules organiques. M. Guyot [3], dans son remarquable Mémoire de 1919, s'est affranchi de ce π, pour la sulfonation du benzène par exemple, en éliminant l'eau par un courant de vapeur de benzène. Dans ces conditions, tout l'acide sulfurique, quelle que soit sa teneur initiale en SO^3, est intégralement utilisé. Malheureusement, la méthode de Guyot, si élégante et si facile à appliquer aux molécules facilement volatiles, ne peut être utilisée pour les molécules peu volatiles et pour les molécules susceptibles de donner des dérivés sulfoniques isomères, suivant la température. On est alors obligé, dans ces cas, de recourir à la méthode classique, et par suite d'employer un excès d'autant plus grand d'acide que le π de la molécule considérée est plus élevé et que la teneur en SO^3 de l'acide qui sert à sulfoner est plus faible.

En effet, si nous considérons le SO^3 contenu dans la quantité x d'acide,

---

(1) Séance du 8 mars 1926.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 65, 1837, p. 92.

(3) *Chimie et Industrie*, 2, 1919, p. 879.

strictement nécessaire pour monosulfoner une molécule organique, et si a est la teneur centésimale en SO^3 de cet acide, nous avons

$$\text{(II)} \quad \frac{xa}{100} = 80 + (x - 80)\frac{\pi}{100}, \qquad \text{d'où} \qquad \text{(III)} \quad x = \frac{80(100 - \pi)}{(a - \pi)}.$$

Si l'on sulfone au contraire avec SO^3 lui-même, l'eau de la réaction (I) n'apparaît plus; la sulfonation est alors un processus d'addition. Elle peut être conduite avec la quantité théorique de SO^3. Mais, en réalité, SO^3 réagit si vivement dans la plupart des cas, qu'à côté de peu de dérivé sulfoné cherché, on obtient surtout des sulfones, des produits d'oxydation et des résines.

En dissolvant la molécule organique dans le chloroforme par exemple [1], et en introduisant peu à peu SO^3, sous bonne agitation et à température sensiblement constante et basse (de 0 à 10°), on arrive à former les dérivés sulfonés, sans provoquer de réaction secondaire sensible. Nous avons étudié de cette façon la monosulfonation du benzène, du toluène, du chlorobenzène, de la naphtaline. Nous obtenons avec des rendements excellents le dérivé monosulfoné, souillé de faibles quantités de sulfone, d'autant plus faibles que la température est plus basse, et en utilisant la quantité strictement théorique de SO^3 comme le veut l'équation (III) puisque $a = 100$.

Cependant, si nous passons à la bisulfonation de la naphtaline, par exemple, le phénomène se complique.

En bisulfonant avec la quantité théorique de SO^3, le rendement n'est que de 41 pour 100. Avec 3^{mol} de SO^3 pour une de $C^{10}H^8$, le rendement ne s'élève qu'à 50 pour 100 et ceci semble dû à la formation de produits d'addition entre molécule organique et SO^3, produits pressentis depuis longtemps et que Fierz appelle de deuxième zone (in zweiter sphäre) [2], mais dont l'existence jusqu'ici ne nous paraît pas avoir été démontrée.

Or, lorsque nous introduisons SO^2 dans une solution chloroformique de naphtaline, nous obtenons, dans une première phase, le dérivé monosulfoné avec un rendement de 88 pour 100; l'introduction ultérieure de SO^3 provoque la précipitation, au sein du chloroforme anhydre, d'un produit blanchâtre, dont la quantité augmente au fur et à mesure de l'arrivée de SO^3, que nous limitons, comme dit, à 3^{mol} pour 1^{mol} de $C^{10}H^8$. Nous essorons ce précipité (I) à l'abri de l'air, le lavons avec du chloro-

---

(1) Le chloroforme à 0 — 10° n'est que très peu attaqué par SO^3. On peut du reste, le remplacer par un solvant convenable.

(2) *Helvetica chim. acta*, 3, 1920, p. 314.

forme anhydre (filtrat I) *qui a la propriété de dissoudre facilement* SO^3 *et l'acide naphtaline monosulfonique*, puis nous décomposons le précipité (I) par de la glace. Nous traitons la solution aqueuse par du carbonate de baryte (exempt de sulfate) jusqu'à réaction neutre, filtrons le précipité (II), le lavons plusieurs fois à l'eau chaude (filtrat II). Ce filtrat, analysé, nous donne de l'acide naphtaline disulfonique 1-5 avec un rendement de 50 pour 100. Mais, chose curieuse, le précipité (II) repris par HCl (exempt d'acide sulfurique), laisse un abondant dépôt, reconnu être du sulfate de baryte et en quantité correspondant à un peu plus d'une molécule de SO^3. Le chloroforme filtrat (I), contrairement à toute attente, renferme très peu de SO^3, mais surtout de l'acide naphtaline monosulfonique.

Il résulte de tout ceci que l'acide naphtaline disulfonique formé (insoluble dans le chloroforme comme nous nous en sommes rendu compte) fixe SO^3. Dans cette expérience, le rapport est de 1^{mol} de dérivé disulfoné à 2^{mol} de SO^3. C'est sans doute ce composé d'addition (précipité I), instable puisqu'il se scinde au contact de l'eau glacée en acide disulfonique et acide sulfurique, qui limite le rendement de la bisulfonation de la naphtaline à 50 pour 100 malgré un excès de SO^3. Ce complexe est du reste capable de céder, avec le temps, SO^3 à l'acide monosulfonique présent, puisque après 24 heures, toutes choses égales par ailleurs, le rendement en dérivé disulfoné atteint environ 65 pour 100 et que la quantité de SO^3 retrouvée dans le précipité (I) baisse en proportion correspondante.

Nous pouvons donc conclure que le π de sulfonation dépend, pour certaines molécules, uniquement de l'eau formée au cours de la sulfonation et, dans ce cas, nous pouvons sulfoner avec la quantité théorique de SO^3; mais, pour d'autres molécules, et la sulfonation de la monosulfonaphtaline en est un exemple, ce π dépendra et de l'eau formée et de SO^3 fixé labilement. Dans ce cas, la sulfonation intégrale avec SO^3 ne sera possible qu'en tenant compte du SO^3 fixé par le complexe d'addition ou en prolongeant le contact de façon à ce que SO^3 fixé labilement, se transforme en groupe sulfonique, par un changement de l'équilibre.

Nous avons rencontré des complexes également avec l'anthraquinone, l'un de formule anthraquinone + SO^3 et l'autre anthraquinone + $2SO^3$ et nous poursuivons cette étude.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un nouvel enregistreur de température et de pression pour l'étude de la haute atmosphère.* Note de MM. **E. Delcambre, P. Idrac** et **F. Geoffre**, présentée par M. Deslandres.

En raison de la grande importance que présente au point de vue des prévisions météorologiques la répartition de la température jusqu'à 7 ou 8^{km} de hauteur, il a paru intéressant de construire un appareil de poids maximum de 60^g, facile à fabriquer en série, présentant une grande simplicité de tarage et de dépouillement et pouvant être enlevé par les ballons-pilotes employés couramment dans les postes de sondage ordinaires.

La solution de ce problème, en rendant plus économiques les sondages, devait permettre de les multiplier et de donner des renseignements intéressants pour la Météorologie dynamique.

Cet enregistreur, dont le principe s'inspire du fort ingénieux appareil Dines (¹), se compose d'un thermomètre bilame T, formé de deux lamelles métalliques de dilatation très différente, entièrement soudées l'une à l'autre et enroulées en cylindre. Ce thermomètre, à la fois sensible et puissant, entraîne, sous l'influence des variations de température, une plaque enfumée P dans le sens de la flèche f. D'autre part, un style S est entraîné par une coquille barométrique Bourdon B dans le sens de la flèche f' par l'intermédiaire d'un système de levier O.

On obtient ainsi une courbe donnant les températures en fonction des pressions. Dans cet appareil, le millimètre correspond en moyenne à 3° de température et à 25 millibars de pression.

Le dépouillement se fait facilement en plaçant d'une manière convenable sur la plaque un transparent portant un réseau gradué formé par les courbes d'égale pression et d'égale température. Enfin l'appareil est assez léger (55-60^g) pour ne pas modifier sensiblement la vitesse d'ascension des ballons-pilotes.

Des comparaisons faites au cours d'ascensions de ballons-sondes portant des enregistreurs de Teisserenc de Bort et les nouveaux appareils, ont

---

(¹) L'appareil de Dines a été réalisé en Angleterre où il est employé à l'Observatoire de Kew. Mais en raison de la faible course du style inscripteur un degré de température est représenté sur la place inscriptrice par $\frac{1}{70}$ de millimètre et, quoique l'instrument soit très précis, les opérations de tarage et de dépouillement en sont compliquées.

montré que l'instrument suit et transcrit très fidèlement toutes les variations de température au cours de l'ascension. Il permet, sans complication de tarage, d'avoir la température de l'air, au cours de l'ascension, à moins d'un degré près pour les régions de l'atmosphère dont l'altitude est inférieure à 8000^{m}, c'est-à-dire celles où se manifestent le plus grand nombre des mouvements de l'atmosphère qui intéressent la météorologie dynamique.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Aimantation de basaltes groenlandais.* Note de M. **P.-L. Mercanton.**

Les laves volcaniques prennent, comme on sait, lors de leurs consolidation et refroidissement dans le champ magnétique local une aimantation rémanente, dont la direction et le sens correspondent à celles du champ. Cette aimantation est très stable et les recherches de Tolgheraiter, Brunhes et David, Mercanton, Chevallier, etc., ont prouvé que des échantillons de lave judicieusement choisis et correctement repérés sur ce terrain, témoignaient exactement et durablement de la direction du champ terrestre qui les aimanta jadis.

L'étude systématique des laves peut donc servir à établir l'histoire du magnétisme terrestre. Son intérêt est particulièrement grand quand l'examen magnétique de la matière révèle un sens de l'inclinaison du champ ancien inverse de celui du champ actuel.

Bernard Brunhes a signalé naguère une telle inversion pour Pontfarein (Cantal). Des diabases recueillies dans l'Isfjord du Spitsberg en 1910 m'avaient fourni des indications du même genre mais insuffisamment sûres encore. Je viens d'avoir la fortune de retrouver une telle inversion mais sans équivoque cette fois-ci, dans des prélèvements opérés à ma demande par le personnel de la Station arctique danoise, à Godhavn (île Disco, Groenland W) en 1914. Il s'agit de fragments d'une coulée tertiaire, coupée par le cassion de la Röd-Elv, et formant, à la côte, le soubassement du Skarvefjeld. Les blocs ont été repérés *in situ* puis détachés de la coulée à la faveur de leurs diaclases. La substance en est très homogène. Des quatre échantillons trois ont été soumis sans préparation à l'examen magnétométrique. Le quatrième a été scié en cube très bien ajusté, de 5^{cm},5 d'arête. Tous quatre, les blocs ont manifesté une polarité très accusée, boréale pour leur surface supérieure, australe pour l'inférieure.

Le cube présenté dans 24 positions au système magnétométrique a donné pour chaque face des indications nettes et peu divergentes dont le résultat a été : Inclinaison australe 53° pour le champ terrestre de la consolidation.

Pour comparaison j'ai étudié pareillement un cube de $3^{cm},5$ taillé dans une coulée récente de la Baie Jameson, à Jan Magen, et de basalte franc aussi. L'inclinaison a été : Boréale 81°, soit conforme à l'actuelle.

Ces valeurs numériques peuvent être erronées, mais de 1 à 2° seulement (imprécision de la verticalité du repérage); le sens du champ ne souffre pas d'indécision. La doctrine de la dérivée des continents (Wegener) en faisant entrevoir la possibilité de larges déplacements des pôles magnétiques terrestres, accentue l'intérêt de nouvelles recherches sur l'aimantation des anciennes coulées de laves.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence d'un dispositif fonctionnel remarquable dans les orifices des cribles libériens.* Note de M. **G. Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

De récentes recherches [1] ont fait connaître l'existence, dans l'appareil sporogène des Algues Floridées, organe délivrant aux carpospores les matériaux nutritifs indispensables à leur prolifération, d'un dispositif fonctionnel remarquable et imprévu. L'hypothèse fut alors émise que les tubes criblés des Végétaux vasculaires, organes assurant la circulation de la sève élaborée, donc une fonction comparable à celle du placenta floridéen, pourraient présenter un dispositif également comparable. De nouvelles recherches ont démontré l'exactitude de cette hypothèse.

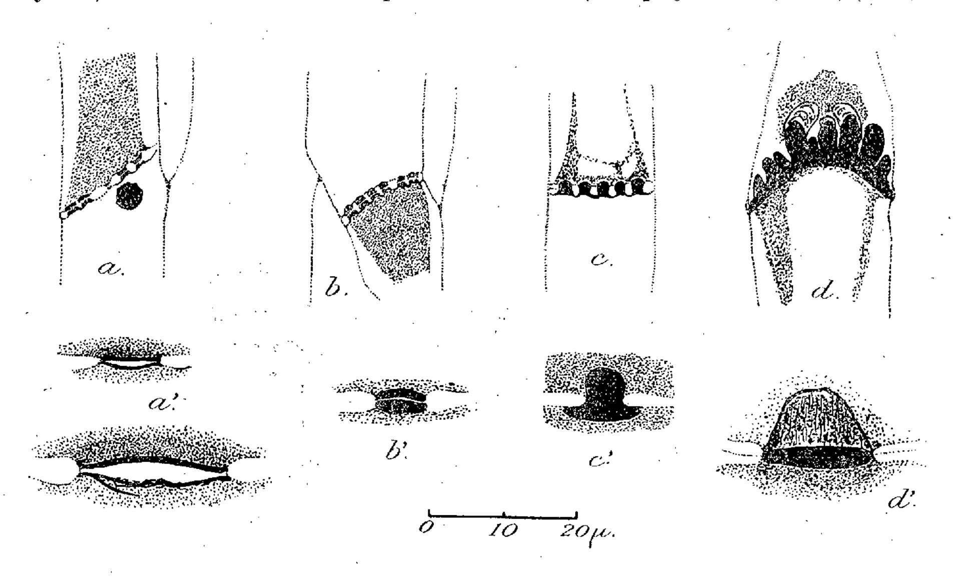
Le dessin annexe représente, groupés en deux séries superposées, en haut des aspects de cribles en période d'activité fonctionnelle, en bas les images déjà connues, de plasmodesmes appartenant à des placentas floridéens. La ressemblance est frappante entre chacun des multiples orifices d'un crible et le plasmodesme placentaire figuré au-dessous.

En *a'* (*Griffithsia corallina*), les deux orifices intercellulaires, dont l'un, plus volumineux, aide à comprendre l'autre, présentent chacun le couple déjà décrit [1] de membranes limitantes, intensément colorées par l'héma-

---

(1) G. Mangenot, *Sur les communications protoplasmiques dans l'appareil placentaire des quelques Floridées* (*Revue algologique*, I, 1924, p. 376-421, III pl.).

toxyline ferrique. En *a* (crible *d'Urtica dioica*), chaque perforation possède une paire, très analogue, mais plus petite, de membranes sidérophiles. En *b'* (*Nitophyllum laceratum*), les deux plateaux du plasmodesme sont très sensiblement gonflés : ce ne sont plus des membranes, mais des coussinets. Le type des couples occupant chaque orifice du crible figuré en *b* (*Vitis vinifera*) est absolument comparable. En *c* (*Nitophyllum Hilliæ*), le plas-



modesme est occupé par une production d'apparence homogène, sorte de bouchon serré dans l'orifice ou encore de goutte visqueuse s'écoulant avec lenteur par ce dernier. L'aspect est identique dans chacun des trous du crible *c* (*Bryonia dioica*); mais ici le duplicisme des membranes sidérophiles est encore indiqué, à l'état de vestige, dans l'une d'entre elles (la première à gauche). En *d'* enfin, la communication intercellulaire, très large, semble obturée par une production conique, fortement colorée, profondément invaginée dans le cytoplasma de la cellule supérieure (*Heterosiphonia coccinea*). En *d* (*Bryonia dioica*), à chaque orifice du crible (ce dernier masqué ici par l'abondance de substance colorable), est appendu une sorte de sac allongé, très coloré. Cette figure et les deux précédentes (*b* et *c*) répondent au phénomène, bien observé par Lecomte, de « boutons muqueux » insinués dans les pores des cribles; on considère sans conteste que ces boutons sont des gouttes manifestant le passage, d'un tube à l'autre, par suintement à travers les orifices du crible, de la substance muqueuse. La connaissance des dispositifs existant dans le placenta des

Algues rouges conduit à une tout autre interprétation de ces curieux aspects ?

L'étude des dispositifs signalés dans cette Note est certes loin d'être terminée. Dès maintenant, un fait est acquis. Dans le placenta des Floridées, comme dans le tube criblé des Dicotylédones, la sève élaborée, liquide riche en substances organiques, circule par des plasmodesmes et doit y traverser les deux membranes, séparées ou coalescentes, qui, dans chacun de ces derniers, limitent les protoplastes en contact. Le rôle de ces membranes, condensations locales du cytoplasma, dans la circulation de la sève, est évidemment essentiel; leur existence et leurs modalités sont donc l'expression morphologique imprévue d'une importante fonction cellulaire.

Il semble utile d'attribuer à ces membranes un nom plus caractéristique de leurs propriétés essentielles que les désignations descriptives utilisées jusqu'ici. Le terme *synapse* joint à l'avantage d'être expressif celui de n'être pas nouveau : les physiologistes appellent synapse cette région — dont la structure, d'ailleurs, est inconnue — de discontinuité anatomique, mais de continuité fonctionnelle par laquelle se touchent les neurones. Les couples sidérophiles, assurant le contact et la jonction fonctionnelle de deux cellules voisines, constituent bien des synapses, mais des synapses traversés par un flux nourricier, non par un influx nerveux. Du moins tel sera présentement le contenu de cette notion. Dans l'avenir, en effet, peut-être les synapses trophiques des Végétaux seront-ils envisagés comme jouant aussi un rôle dans certaines de ces réactions à distance, souvent considérées comme relevant de phénomènes osmotiques, mais dont la propagation extrêmement rapide reste encore mal expliquée.

AGRONOMIE. — *Mesure de la force de succion du sol pour l'eau.* Note de M. **V.-G. Korneff**, présentée par M. G. André.

On sait que la terre arable attire l'eau avec d'autant plus d'avidité qu'elle est plus sèche et plus argileuse. Cette notion qualitative peut être utilement transformée en une mesure précise de la force de succion du sol pour l'eau (¹).

(¹) *La force de succion des sols* (*Zhurnal opitnoi agron.*, Journal russe d'agronomie, 22, 1921-1923, p. 105; *Soil Science*, 17, 1924, p. 428).

Si l'on tasse de la terre autour d'un récipient poreux (bougie Chamberland), préalablement rempli d'eau et suintant, la paroi perméable à l'eau, mais en cet état imperméable à l'air, fournit de l'eau au sol jusqu'à la réalisation d'un état d'équilibre. Si, dès le début, sur le récipient poreux est mastiqué un réservoir étanche plein d'eau relié à un manomètre à mercure, on constate après un certain nombre d'heures une dépression manométrique qui, pour un sol argileux sec, atteint aisément 60^{cm} de mercure, mais qui s'annule dans le cas d'un milieu sableux formé de grains ayant 1 à 2^{mm} de diamètre.

La force de succion ainsi mesurée comprend la force d'ascension capillaire dans les vides du sol ainsi que l'attraction exercée par les éléments colloïdaux susceptibles de gonflement. Elle est d'autant plus grande que le sol est plus sec et croît plus rapidement lorsque toute humidité capillaire a disparu.

L'alimentation des plantes est assurée dans les meilleures conditions au voisinage du point de début de l'humidité capillaire; les racines absorbent aisément l'eau et l'air qui leur sont nécessaires, et les microorganismes aérobies du sol trouvent alors les conditions les plus favorables à leur activité.

Lorsqu'on a établi, pour un sol donné, une représentation graphique de la force de succion en fonction de l'humidité pour 100, on peut à tout instant, par une lecture manométrique, connaître le taux d'humidité du sol, même à distance. D'autre part, il est possible d'obtenir le réglage automatique de l'humidité de ce sol par l'ascension de l'eau aspirée d'un réservoir ouvert à l'air libre, réservoir disposé à un niveau inférieur et que l'on élèvera ou abaissera pour augmenter ou diminuer l'humidité du sol (cas des cultures expérimentales notamment).

On est ainsi en mesure de constater la consommation d'eau évaporée par un sol nu ou porteur de plantes dans les conditions expérimentales les plus diverses et d'apporter plus de précision et de sécurité, à la fois dans la technique expérimentale de l'étude du sol et de la physiologie végétale.

Enfin l'irrigation par succion permet de réaliser au niveau des racines des plantes l'optimum d'humidité dans un sol dont la surface demeure sèche et ameublie; ce qui évite le gaspillage d'eau par évaporation, le refroidissement correspondant, et l'altération de la texture physique du sol accompagnant toujours l'arrosage superficiel.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur l'action du rayonnement des corps radioactifs sur les perlules végétales.* Note ([1]) de MM. C. **Rouppert** et H. **Jedrzejowski**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une monographie publiée en 1918, l'un de nous ([1]) a constaté dans les perlules des Phanérogames la présence constante d'une quantité considérable de cations de potassium. Il a été établi en outre qu'une grande quantité de plantes produit, dans l'atmosphère chaude et humide des serres du Jardin des Plantes à Paris, des perlules ([2]). Dans un travail qui vient de paraître dans le *Bulletin international de l'Académie polonaise des Sciences*, en 1926, M. Lukaszewicz a dosé la quantité de potassium dans les perlules et il a découvert la présence des anions de Cl.

Frappés par le travail de Nadson et Zolkevic ([3]) sur l'antagonisme du potassium vis-à-vis de l'influence nocive des substances radioactives sur les protoplastes animaux, nous nous sommes proposé d'étudier cet antagonisme dans les tissus végétaux. Les perlules nous ont paru prédestinées pour ce genre d'étude grâce à la présence constante dans leurs protoplastes du potassium pur, sans aucune trace de chaux et d'autres cations.

Nous avons expérimenté avec des feuilles de *Piper Ficadatsura*, provenant des serres du Muséum d'Histoire naturelle, couvertes à leur face inférieure de nombreuses perlules unicellulaires, et avec des jeunes pousses de *Leea coccinea*. Nous pouvons signaler deux séries d'expériences :

Première série. — Des morceaux de feuilles de *Piper* étaient placés dans deux tubes de verre de volume 16^{cm^3}; l'un était rempli d'émanation de radium d'environ 15 millicuries, alors soumis à l'action de rayons α, β, γ d'émanation et de dépôt actif (a), l'autre de 3 millicuries (b). La durée d'expérience était dans ces deux cas de 18 heures. Dans la série a, les morceaux de feuilles et les perlules de *Piper* ont été tués par l'émanation, mais par contre les perlules pluricellulaires (émergences) de *Leea* sont

---

([1]) Séance du 22 mars 1926.

([2]) Rouppert, *Gruczoly perełkowe* (*Rozprawy Akad. Um. Kraków*, 58, B, 1918, p. 1-40).

([3]) Rouppert, *Observations sur les perlules*, p. 102, et *Supplément*, p. 153; *Bulletin du Muséum d'Hist. nat.*, 32, 1926 (sous presse), Paris.

([4]) *Kalium als Antagonist der Röntgenstrahlen und des Radiums* (*Biochemische Ztschr.*, 163, 1925, p. 457-463), Berlin.

restées vivantes; dans la série *b* toutes les perlules sont restées vivantes soit que les tissus sous-jacents des feuilles soient morts ou non.

Deuxième série. — Des morceaux de feuilles de *Piper* étaient placés dans une boîte de Petri et soumises à l'action immédiate d'un tube capillaire mince de verre, contenant au commencement de l'expérience 6,8 millicuries d'émanation du radium aux rayons β et γ. La durée de cette expérience a été aussi 18 heures. La partie du limbe se trouvant en contact immédiat avec le tube radioactif a été tuée ensemble avec ses perlules; le reste du limbe avec ses perlules est resté intact. Le dispositif dans la boîte de Petri reste le même, le même tube capillaire radioactif est placé deux fois successivement sur des nouveaux morceaux de feuilles de *Piper*, chaque fois durant 18 heures.

Cette expérience nous a permis d'établir le temps nécessaire pour la réussite de notre recherche : les portions du limbe se trouvant en contact immédiat avec le tube radioactif étaient tuées, tandis que leurs perlules restaient turgescentes et intactes; ce fait est d'autant plus frappant, que les perlules étaient plus proches du tube que leurs tissus sous-jacents.

Nous nous croyons autorisés à juger, que la conservation des perlules traitées par l'émanation dans la dernière série d'expériences est due à la présence de cations de potassium dans leur protoplastes. Ce résultat nous semble confirmer l'idée de Nadson et Zolkevic : l'action antagoniste du potassium vis-à-vis de l'influence nocive d'émanation du radium sur les protoplastes. Il nous paraît évident, en outre, que les perlules de *Piper* et des autres plantes représentent un substrat particulièrement favorable à ce genre d'études, précisément grâce au contenu du potassium pur dans leurs protoplastes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la recherche de l'aspéruloside dans les végétaux. Extraction de ce glucoside du* Galium Aparine *L.* Note de M. **H. Hérissey.**

J'ai publié l'année dernière les résultats de recherches qui ont abouti à extraire de l'Aspérule odorante *Asperula odorata* L., d'un glucoside nouveau, auquel j'ai donné le nom d'*aspéruloside* et dont j'ai décrit un certain nombre de propriétés physiques et chimiques (¹). J'ai montré en par-

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1695; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 1009; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 8ᵉ série, 2, 1925, p. 177.

ticulier que l'hydrolyse de l'aspéruloside, sous l'influence de l'acide sulfurique dilué à l'ébullition, donne lieu, en dehors de la mise en liberté de sucre réducteur, à la formation d'un volumineux précipité de couleur foncée, noir vert, insoluble dans l'eau, qui rappelle beaucoup celui que fournit, dans les mêmes conditions, l'aucubine (aucuboside), glucoside de l'*Aucuba japonica* L.; uue belle couleur verte de la liqueur d'hydrolyse, disparaissant ensuite, précède l'apparition du précipité.

On conçoit que l'hydrolyse acide, par suite de ces phénomènes si caractéristiques, puisse constituer précisément un moyen de recherche facile de l'aspéruloside chez les végétaux. Il s'agit là d'une réaction indicatrice de la plus grande valeur, qui ne saurait valablement être considérée comme spécifique de l'aspéruloside, — d'autres glucosides encore inconnus pouvant la fournir, — mais dont le résultat négatif démontre d'une façon absolue l'absence d'aspéruloside dans le végétal examiné et exclut ainsi la nécessité de recherches d'extraction, toujours longues et pénibles.

J'ai appliqué cette réaction de recherche de l'aspéruloside, par l'hydrolyse acide, à un certain nombre de plantes de la famille des Rubiacées, dans des conditions dont le détail sera donné ailleurs.

Les espèces mentionnées ci-après m'ont fourni un résultat positif : *Rubia tinctorum* L., *R. peregrina* L., *Galium Cruciata* Scop., *G. verum* L., *G. Mollugo* L., *G. Aparine* L., *Asperula tinctoria* L., *Sherardia arvensis* L.

Sur ces indications, j'ai tenté l'extraction de l'aspéruloside des espèces du genre *Galium*. Après plusieurs tentatives infructueuses qui peuvent tenir à ce que l'aspéruloside, — s'il se trouve dans les *Galium*, — y est certainement accompagné d'autres glucosides dédoublables par l'émulsine, comme des recherches spéciales l'ont montré, j'ai enfin pu réussir à obtenir une petite quantité d'aspéruloside ($0^g,11$) en opérant sur des plantules jeunes de *Galium Aparine*, récoltées au début de novembre 1925, provenant de la germination de graines tombées de plantes ayant végété dans l'année sur le même terrain.

Bien que le produit extrait, obtenu sur amorce d'aspéruloside, n'ait pu être cristallisé à nouveau et fût très légèrement impur, les essais suivants permettent de l'identifier sûrement avec ce dernier glucoside :

Il fondait au bloc à 125-126°, exactement comme de l'aspéruloside extrait de l'aspérule odorante et comme son mélange avec celui-ci.

Le pouvoir rotatoire a été trouvé : $[\alpha]_D = -181°,6$ ($v = 10^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0^g,0688$, $\alpha = -2°30'$).

La solution aqueuse du produit ($0^g,688$ pour 100^{cm^3}) ne donnait que des traces douteuses de réduction avec la liqueur cupropotassique. Elle rédui-

sait au contraire abondamment cette dernière après hydrolyse par l'émulsine ou par l'acide sulfurique étendu et bouillant; après ce dernier traitement, la solution accusait une rotation de $+20'$ ($l=2$) (théorie pour l'aspéruloside pur : $+19'$). En outre, au cours des hydrolyses fermentaire et acide, on a observé les phénomènes de coloration et de précipitation que fournit, dans les mêmes conditions, une solution aqueuse d'aspéruloside pur.

Des expériences en cours tendent à démontrer la présence d'aspéruloside chez beaucoup d'autres espèces de Rubiacées que celles mentionnées dans le présent travail.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les propriétés physiques et chimiques de la rhodoxanthine.* Note de M. **Theodor Lipmaa**, présentée par M. Guignard.

La rhodoxanthine (pigment du groupe des carotines) que Tswett a découverte chez le *Thuja*, a été trouvée plus tard par Lubimenko chez les *Selaginella*, *Taxus*, *Potamogeton*, *Gnetum* et d'autres plantes. Monteverde et Lubimenko l'ont étudiée soigneusement, et, en se basant sur les caractères spectroscopiques et de solubilité, ils ont considéré la rhodoxanthine comme un isomère de la xanthophylle ($C^{40}H^{56}O^2$).

Dans mes recherches, je me suis servi, en outre des plantes indiquées ci-dessus, de différentes espèces de *Reseda*, *Juniperus*, *Cryptomeria*, *Chamaecyparis*, *Eremurus*, *Aloe*, *Casteria*, *Haworthia*, *Scirpus* et *Bulbine*, qui toutes contiennent de la rhodoxanthine.

Quand on isole les pigments foliaires par la méthode de Willstätter et Stoll, la rhodoxanthine et la xanthophylle se trouvent en solution commune dans l'alcool méthylique. Après différents essais, je suis arrivé à trouver deux nouvelles méthodes pour séparer ces deux carotinoïdes.

A. Une première méthode, dite du sulfure de carbone, est basée sur les différences de solubilité entre la rhodoxanthine et la xanthophylle dans le système $CS^2 - CH^3OH$. Cette méthode n'est pas de nature quantitative, néanmoins elle donne des résultats suffisants.

B. La séparation peut aussi s'exécuter par voie d'adsorption, et cette méthode est de nature quantitative. On constate que dans le système : éther de pétrole — $CaCO^3$, la rhodoxantine et la xanthophylle sont adsorbées ensemble, tandis que la carotine (Tswett l'a déjà montré) traverse la colonne de $CaCO^3$. La xanthophylle et la rhodoxanthine étant ensuite dissoutes dans CS^2, réagissent de la manière suivante : la xanthophylle est de nouveau adsorbée dans $CaCO^3$; la rhodoxanthine, au contraire, traverse la colonne et peut ainsi être séparée de la xanthophylle.

La rhodoxanthine m'a présenté les propriétés physiques et chimiques que voici :

1° Le spectre de cette substance (en CS^2) est très caractéristique. Dans la concentration dont je me suis servi, et avec une couche de 15^{mm}, on observe une bande d'absorption étroite et nette (I) entre 652-642. Quand la couche diminue d'épaisseur, la bande (I) disparaît dans le rouge et l'on voit dans le vert et le violet deux bandes d'absorption très distinctes, 575-552 (II) et 530-515 (III), et une bande moins distincte (IV) dont le maximum d'absorption se trouve entre 490-480. Jusqu'à présent la bande (I) était demeurée inconnue, ce qui s'explique peut-être par la couche plus épaisse qu'elle réclame.

2° Les agrégats cristallins de la rhodoxanthine que j'avais isolés furent maintenus dans l'obscurité pendant deux mois; au bout de ce temps, les cristaux se retrouvèrent non altérés; ils avaient conservé leur teinte foncée. Ils ne possèdent donc aucune autoxydabilité, ou du moins celle-ci est faible.

3° J'ai réussi à obtenir une combinaison alcaline de la rhodoxanthine. Cette combinaison ne se forme que dans les solutions alcooliques concentrées des alcalis (KOH), et fut obtenue sous la forme d'un précipité noir verdâtre composé de cristaux réguliers (le plus souvent des cubes).

4° Dans le réactif de Molisch (20 pour 100 KOH dans 40 pour 100 d'alcool) la rhodoxanthine a une tout autre réaction que la xanthophylle. J'ai examiné 13 espèces de plantes (*Reseda*, *Haworthia*, *Gasteria*, *Aloe*, *Bulbine*, *Cryptomeria*, *Selaginella*, *Equisetum*). Dans tous les cas, il se forme (après un mois ou plus), dans les feuilles rouges qui toutes contiennent au moins trois carotinoïdes, deux sortes de cristaux, des jaunes et des rouges. En analysant les feuilles avec les méthodes décrites plus haut, j'ai toujours obtenu de la carotine et de la xanthophylle, mais jamais les fragments de feuilles ne contenaient de la rhodoxanthine. Donc la méthode de Molisch, excellente d'ailleurs, ne peut pas servir à faire cristalliser la rhodoxanthine.

Les propriétés physiques et chimiques comparées de la rhodoxanthine, et de la xanthophylle, peuvent se résumer ainsi :

Les cristaux de rhodoxanthine sont noirs, opaques par transparence; violet rouge brunâtre par réflexion, avec éclat métallique. Ceux de la xanthophylle sont d'un jaune brillant (Willstätter et Escher). Le spectre d'absorption du premier pigment présente quatre bandes, celui du second n'en présente que deux. La rhodoxanthine est plus soluble que la xanthophylle dans le sulfure de carbone et moins soluble qu'elle dans l'éther de pétrole. Sous l'action de l'acide sulfurique concentré, le premier pigment donne une coloration d'un bleu indigo, le second une coloration bleue. La rhodoxanthine donne des composés avec les alcalis, la xanthophylle n'en donne point. Enfin le premier pigment est faiblement oxydable, le second est d'une facile autoxydabilité.

Ces caractères montrent nettement que l'opinion de l'isomérie de la rhodoxanthine et de la xanthophylle n'est pas fondée. Il est très probable que la rhodoxanthine, de même que la fucoxanthine, représente un produit carotinoïde plus oxydé que la xanthophylle.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Un nouveau principe naturel des végétaux : l'acide allantoïque.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. Émile Roux.

Des sucs végétaux (feuilles d'*Acer*, légumes verts de *Phaseolus*) produisent par court chauffage de l'urée et une substance donnant la même réaction colorée hydrazinique que le formol, l'acide glyoxylique et d'autres corps ([1]).

I. *Ce phénomène dérive-t-il d'un composé glyoxylique de l'urée? L'allantoine, qui existe dans les feuilles d'Acer, est-elle cet uréide?*

Plusieurs arguments semblent *a priori* confirmer ces hypothèses : l'allantoïne a été découverte dans les feuilles de *Platane* et d'*Acer* par Schultze et Barbieri ([2]); ses produits d'hydrolyse, acide glyoxylique et urée, donnent, l'un la réaction colorée hydrazinique; l'autre une précipitation de xanthylurée par le xanthydrol.

Mais l'expérience montre que l'allantoïne en solution chauffée quelques minutes au bain-marie, ou conservée plusieurs jours à la température ordinaire, ne se comporte nullement comme le suc d'*érable*. Elle ne produit, en effet, dans ces conditions, ni urée, ni substances colorant le mélange hydrazinique. Pour provoquer l'apparition de ces deux réactions aussi rapidement aux dépens de l'allantoïne qu'en partant des feuilles d'*Acer*, il faut recourir à l'emploi d'un acide minéral.

2. Les expérience de L. J. Simon ([3]) établissant que l'acide allantoïque s'hydrolyse, même à froid, en produisant l'urée et l'acide glyoxylique, nous ont conduit à constater que, comme le suc d'*Acer* et de *Phaseolus*, une solution aqueuse très diluée d'acide allantoïque, chauffée, 5 minutes, au bain-marie bouillant, engendre l'urée et colore le réactif de Schryver.

3. *Identification de l'acide allantoïque.* — La méthode que nous avons instituée repose sur la formation d'un nouveau dérivé spécifique : l'*acide dixanthyl-allantoïque*, résultant de la condensation d'une molécule d'acide allantoïque et de deux molécules de xanthydrol, avec élimination de deux

---

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175; R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 637.

([2]) Schultze et Barbieri, *Berichte*, **14**, 1881, p. 1602.

([3]) L.-J. Simon, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 426.

molécules d'eau.

$$O\langle^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH.NH.CO.NH.\underset{\displaystyle CO.OH}{CH}.NH.CO.NH.CH\langle^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O.$$

Analyses. — Trouvé pour 100 : C = 66,87; H = 5,00; N = 10,25; 10,26; 10,45; 10,44.

Théorie pour $C^{30}H^{24}O^6N^4$: C = 67,16; H = 4,47; N = 10,44.

4. Du légume vert du haricot ont été isolés et identifiés par l'analyse, sous la forme de leurs combinaisons xanthylées : l'*allantoïne*, dont la présence n'était pas connue dans ce végétal et l'*acide allantoïque*, qui n'avait pas encore été signalé jusqu'ici chez un seul être vivant.

5. *Identification de l'allantoïne dans le légume vert du* Phaseolus. — On épuise par l'alcool méthylique bouillant le précipité fourni par l'action du xanthydrol sur le suc d'expression, déféqué par l'acétate de plomb. Par concentration et refroidissement, on sépare une matière blanche, qui, dissoute dans le même solvant, s'en dépose en cristaux brillants, possédant la teneur en azote et toutes les propriétés de l'allantoïne xanthylée, décrite avec A. Hieulle (¹).

Analyses. — Trouvé pour 100 : N = 15,97; 15,64.

Théorie pour $O\langle^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH.NH.CO.NH.\underset{\displaystyle CO.NH}{CH.NH}\rangle CO + H^2O$: N = 15,73.

6. *Identification de l'acide allantoïque, obtenu en partant du légume vert du* Phaseolus. — Le suc d'expression de cette plante, cultivée aux environs de Lille, connue sous le nom de *pois de sucre*, déféqué par l'acétate de plomb et privé de plomb, prenait avec le réactif de Schryver une coloration très faible avant chauffage et très intense, au contraire, lorsqu'il avait été préalablement soumis, 5 minutes, à l'action du bain-marie bouillant. Le précipité obtenu par l'action du xanthydrol acétique, lavé, épuisé par l'alcool bouillant puis par la pyridine, cède à ce solvant une matière qui se dépose à l'état volumineux par refroidissement. Le corps est soumis à l'analyse

---

(¹) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1719; **177**, 1923, p. 199.

après une nouvelle cristallisation dans les mêmes conditions.

Analyses. — Trouvé pour 100 : N = 10,33; 10,46; 10,41.

Théorie pour $O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH.NH.CO.NH.\underset{\displaystyle CO.OH}{CH}.NH.CO.NH.CH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O$: N = 10,44.

7. *L'acide allantoïque, ainsi identifié par l'analyse, existe-t-il réellement, tout formé dans la plante?*

Ne dérive-t-il pas, en partie ou en totalité, d'un autre principe également encore inconnu chez les êtres vivants?

C'est le délicat problème que nous nous proposons de chercher à résoudre.

ENTOMOLOGIE. — *La torpeur hivernale obligatoire et ses manifestations diverses chez nos Moustiques indigènes.* Note de MM. **E. Roubaud** et **J. Colas-Belcour**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les phénomènes d'hibernation sont habituellement considérés chez les Moustiques comme des phénomènes banaux d'engourdissement liés à l'inclémence de la température.

Les recherches résumées ci-après montrent qu'en réalité le froid n'est que rarement l'agent d'une phase de repos forcé dans la vie des Moustiques; non seulement son action n'est le plus souvent pas nécessaire pour engendrer la torpeur, mais il est au contraire l'agent obligatoire d'une reprise normale des énergies. La suspension d'activité qui survient en hiver chez ces insectes rentre presque toujours dans le cadre complexe de ces phénomènes d'inertie biologique spontanée (asthénobiose) nécessitant la réactivation par le froid (athermobiose), tels qu'ils ont été précédemment définis par l'un de nous [1].

Rares paraissent être les espèces (homodynames) dont l'activité métabolique obéit constamment aux influences thermiques et dont toutes les générations sont également actives : *Theobaldia maculata* peut pondre en plein hiver, et ses larves se développent comme en été si la température est favorable. Le froid n'exerce sur ce Moustique qu'une suspension temporaire et

---

[1] E. Roubaud, *Bull. Biol. France et Belgique*, 56, f. 4, 1922, p. 455, et *Annales de l'Institut Pasteur*, 37, 1923, p. 627.

actuelle d'activité. A aucun stade, chez cette espèce, nous n'avons pu déceler de phase d'inertie biologique spontanée indépendante des abaissements thermiques.

Plus nombreuses paraissent les espèces (héthérodynames) affectées d'une façon régulière, cyclique et spontanée par un affaiblissement d'activité (asthénobiose) indépendant du froid. Ces espèces sont obligatoirement vouées à un mode d'hibernation constant pour chaque type de Moustiques et nécessaire pour leur réactivation.

A. Chez *Anopheles maculipennis* et *Culex pipiens*, l'asthénobiose se traduit par la stérilité prolongée des femelles d'arrière-saison. Ces hivernantes, quoique fécondées, demeurent obligatoirement inféconde, inaptes à mûrir leurs œufs pendant plusieurs mois, même à la chaleur. La reprise printanière de la ponte (réactivation des hivernantes) est garantie par un long séjour à température peu élevée.

D'après nos expériences d'éducation en série, chez *A. maculipennis* le cycle annuel ne comporte que deux générations : la première, issue des hivernantes est active; elle donne naissance à la génération inactive des hivernantes qui engraissent sans pouvoir pondre pendant les mois d'hiver.

B. Chez *A. plumbeus* (et sans doute *A. bifurcatus*), l'asthénobiose cyclique affecte les *larves* d'arrière-saison dont le développement, exagérément lent dès les premiers stades, se montre à peu près insensible à l'action de la chaleur. Réactivées après un long délai d'athermobiose, ces larves évoluent sans arrêt mais toujours très lentement (plusiers mois à l'étuve). Hivernantes obligatoires, elles sont nécessairement appelées à passer avant la nymphose les mois d'hiver.

C. Chez certains Moustiques, l'asthénobiose ne présente pas un caractère régulier cyclique. Son apparition est subordonnée à de curieuses influences actuelles de saison.

Finlaya geniculata peut hiverner par œufs d'hiver en condition d'anhydrobiose, qui éclosent au contact de l'eau. Si l'éclosion, tardive, permet aux larves d'évoluer à 18-20° sans subir l'action du froid, le développement complet se fait sans arrêt en 20-22 jours. Si l'éclosion a lieu en hiver, au-dessous de 15° C., les larves évoluent d'abord normalement, puis subissent, après la troisième mue, un ralentissement progressif de la croissance, suivi d'une diapause de plusieurs mois. Quand l'action du froid a été coupée de périodes de chaleur, la diapause larvaire peut être vaincue par l'action *prolongée* de la chaleur au quatrième stade. Si l'action du froid a été continue, la chaleur est alors impuissante à faire cesser la torpeur hivernale qu'elle accroît jusqu'à la mort; une athermobiose prolongée garantie seule la réactivation.

Dans cette espèce, l'asthénobiose larvaire se montre compensée au début et masquée par les effets réactivants de l'anhydrobiose au stade d'œuf;

mais le froid annule à son tour les effets réactivants de l'anhydrobiose; il déclanche à nouveau une torpeur que lui seul peut faire céder [1]. La conservation hivernale de l'espèce est garantie par cette intervention complémentaire de phénomènes.

On peut penser que des recherches ultérieures multiplieront des exemples analogues d'asthénobiose chez les Moustiques des régions soumises à l'hiver.

PISCICULTURE. — *Sur le développement de la pisciculture truitière au Maroc.* Note de M. **Gruvel**, présentée par M. L. Mangin.

Depuis deux ans, nous cherchons, en plein accord avec l'Administration locale, à développer la culture des Salmonides au Maroc, dans la région du Moyen Atlas.

Un établissement de pisciculture, modeste à la vérité, a été établi sur nos plans, à Azrou; il contient 10 bassins d'alevinage isolés les uns des autres pour faciliter le nettoyage. L'eau provient d'une excellente source captée et se maintient, été comme hiver, à une température à peu près constante de 12 à 13° C.; elle est toujours claire et limpide, sans autre faune que des *Gammarus* de diverses espèces et une Planaire noire (*Polycelis felina* Dalyell). Un grand bassin, avec des fonds variant de $0^{m},50$ à $2^{m},50$, permet de recevoir les alevins destinés à être conservés pendant un certain temps à la station.

Enfin, un second bassin en ciment, plus vaste que le précédent, a été construit l'an dernier. Il est largement irrigué par un captage spécial et va nous permettre de conserver, à l'Établissement, pendant le temps nécessaire, les différents Salmonides destinés à la reproduction.

Il existe au Maroc deux espèces fort intéressantes pour la pisciculture : la truite commune, variété de la nôtre (*Truta fario* L., var. *macrostigma* A. Dum.) qui est excellente à tous points de vue, et une autre Salmonide qu'on a longtemps confondu avec l'Omble-Chevalier et dont Pellegrin a fait une espèce distincte sous le nom de *Salmo Pallaryi*, du nom du voyageur qui le lui a rapporté. Ce poisson qui est, peut-être, plus fin que la truite n'a été rencontré jusqu'ici que dans un seul lac, l'Aguelman Sidi-

[1] Ces phénomènes sont comparables à ceux observés par Picard chez l'hyménoptère *Melittobia acasta* (*Bull. Biol. France et Belgique*, 57, f. 4, 1923, p. 469).

Ali, où il est connu depuis longtemps, par les pêcheurs de truites, nombreux au Maroc.

Dans la campagne piscicole de 1924-1925, qui a été la première, on n'a pu immerger que 5500 alevins de truites locales. De plus, l'Etablissement de Thonon a fait, sur notre demande, expédier à Azrou, par avion, des œufs de Truites ordinaires (*Trutta fario* L.) et de Truite arc-en-ciel (*Salmo iridens* Gib.). On a gardé des reproductions de ces deux espèces, dont la dernière ne sera immergée que dans des cours d'eau ou lacs fermés, où la truite ordinaire ne pourrait se développer, à cause de la température trop élevée de l'eau. Elle y remplacera le Barbeau, dont on rencontre de nombreuses espèces et qui est peu intéressant.

La campagne actuelle (1925-1926) se présente dans les meilleures conditions de réussite, puisqu'il existe, actuellement, à la station, en parfait état, près de soixante-douze mille (72000) alevins. Environ 11000 œufs ont été placés directement en rivières, dans des pisciculteurs Carajat. Leur éclosion se poursuit dans les meilleures conditions.

Enfin, près de 5000 œufs de truites marocaines ont été envoyés d'Azrou à divers établissements et stations.

Nous espérons, à la fin de cette année, pouvoir obtenir des œufs de la Truite-omble, espèce qu'il sera intéressant de multiplier dans les lacs du Moyen et du Haut-Atlas où les conditions biologiques indispensables à son développement se trouveront réalisées, ainsi que dans nos lacs alpins d'altitude, par l'envoi d'œufs fécondés en France. Nous espérons ainsi que, dans quelques années, tous les cours d'eau et lacs d'altitude du Maroc seront peuplés d'excellents Salmonides et que les efforts de l'Administration donneront à certains industriels marocains l'heureuse idée de créer, dans ces régions, des établissements industriels de pisciculture qui seront particulièrement intéressants.

MÉDECINE. — I. *Coloration simple et rapide du Tréponème de la syphilis dans les frottis*. II. *Chromophilie comparée des Spirochètes*. Note de M. J. Sabrazès, présentée par M. H. Vincent.

I. Nous avons constaté que le *Tréponème de la syphilis*, chromophobe à l'égard du bleu de méthylène, se laisse colorer, surtout à chaud, par la fuchsine phéniquée de Ziehl. Voici comment nous opérons :

La sérosité à peine rosée d'un chancre induré dont les bords, après nettoyage à l'eau bouillie, ont été sacrifiés superficiellement, est étalée sur des lames parfaitement dégraissées, en couche excessivement mince, à l'aide d'une effilure de pipette. On sèche par agitation à l'air libre. On passe lentement trois fois dans une flamme la face non chargée de la lame. On répand aussitôt sur le frottis de grosses gouttes de fuchsine phéniquée de Ziehl non diluée. On chauffe au-dessus d'un bec Bunsen brûlant en veilleuse jusqu'à légère émission de vapeurs; on retire de la flamme un instant; on chauffe à nouveau pour cesser quand la vapeur reparaît; on recommence ainsi trois fois. Éviter l'ébullition et le retrait de la nappe de colorant. Plonger alors la lame dans l'eau où, sans trop la remuer, on la débarrasse de l'excès de colorant. Sécher à l'air. Monter sous lamelle dans l'huile de cèdre. Ce procédé diffère de tous ceux qui utilisent la fuchsine après divers fixateurs ou à la suite des imprégnations argentiques. Il offre toute sécurité; il permet, en deux minutes, de colorer le Tréponème de la syphilis qui apparaît en rouge, nettement, et n'a pas subi de notables déformations.

II. *La chromophilie comparée des Spirochètes peut servir à leur diagnose.* — A côté des procédés de coloration qui les mettent tous en évidence, tels que ceux de Giemsa, Fontana-Tribondeau, Ziehl à chaud après fixation par la chaleur, nous employons, comme méthodes de dépistage et de comparaison dans les affinités colorantes de ces germes, les moyens suivants : sur frottis très peu chargé et homogène, venant d'être desséché par agitation, nous laissons tomber une lamelle chargée, en son milieu, d'une gouttelette de la solution colorante : nous utilisons parallèlement la solution aqueuse de bleu de méthylène à 1 pour 500, le bleu de toluidine phéniqué, à 1 pour 100, la fuchsine phéniquée diluée au tiers.

Nous avons constaté les particularités suivantes :

Treponema Schaudinn de la syphilis est chromophobe à l'égard du bleu de méthylène à 1 pour 100 et du bleu de toluidine phéniqué; il se laisse colorer par le liquide de Ziehl réchauffé.

Spirochæta ictero-hemorragiæ est très faiblement colorable par les bleus; il prend le Ziehl nettement à froid.

Spirochæta gallinarum est très avide des bleus et du Ziehl; de même *Spirochæta Duttoni* et les divers autres spécimens de *Spirochètes de la fièvre récurrente*. On peut ainsi, sans difficulté, les révéler sur des frottis de sang desséchés, non fixés.

Les *Spirochètes de la bronchite sanglante de Castellani* sont très chromophiles pour les bleus et pour le Ziehl. Les *Spirochètes et les bacilles fusiformes de Vincent* se comportent exactement de la même façon.

Les divers Spirochètes de la bouche et du sillon balano-préputial sont

également avides de tous ces colorants. Se comportent identiquement les Spirochètes rencontrés par nous dans l'intestin des typhiques et dans la péritonite par perforation chez ces malades.

On peut, sur une grande lamelle, déposer, à distance l'une de l'autre, des gouttelettes de ces divers colorants, la renverser sur le frottis et, en prolongeant l'observation, comparer la chromophilie des spirochètes qui peuvent se trouver dans la préparation.

La séance est levée à 16 heures.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 7 AVRIL 1926.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre du Travail et de l'Hygiène** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui occupera, dans la *Commission supérieure des maladies professionnelles*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *Widal*.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'état actuel de la synthèse de l'ammoniaque aux fours à coke.* Note (¹) de M. **Georges Claude**.

Je voudrais signaler à l'Académie les résultats actuels de la synthèse de l'ammoniaque par les hyperpressions, en rappelant tout d'abord quelles raisons élémentaires, âprement discutées jadis et aujourd'hui généralement admises, ont guidé mes travaux.

On sait que l'Allemagne, pays de charbon, prépare son hydrogène par le procédé très remarquable, mais grand mangeur de charbon, imaginé par notre confrère Matignon et mis au point magistralement par la *Badische-Anilin*. Mais la France n'est pas précisément un pays de charbon. Elle doit en conséquence avoir ses procédés à elle.

Or, les gaz que les fours à coke produisent en si grande abondance — et en surabondance pour leurs besoins — contiennent moitié de leur volume d'hydrogène : si l'on pouvait extraire cet hydrogène de la totalité de ces gaz, il y aurait de quoi produire chez nous — au taux d'avant-guerre — 1000 tonnes d'ammoniaque par jour, *quatre fois* notre consommation totale

(¹) Séance du 29 mars 1926.

d'azote de 1922, et ce, sans qu'il en coûte d'autre charbon que celui exigé pour cette fabrication du coke, base nécessaire de notre métallurgie.

A cette considération capitale s'ajoutent deux excellentes raisons. D'une part, les fours à coke *existent* : installer la synthèse auprès d'eux, c'est décharger les frais d'installation et de main-d'œuvre de tout ce qui correspond à la fabrication du mélange gazeux. D'autre part, ce qui mesure la valeur des gaz de fours, c'est leur pouvoir calorifique. Or, à ce point de vue, les 2600 cal : m^3 de l'hydrogène font piètre figure devant les 8600

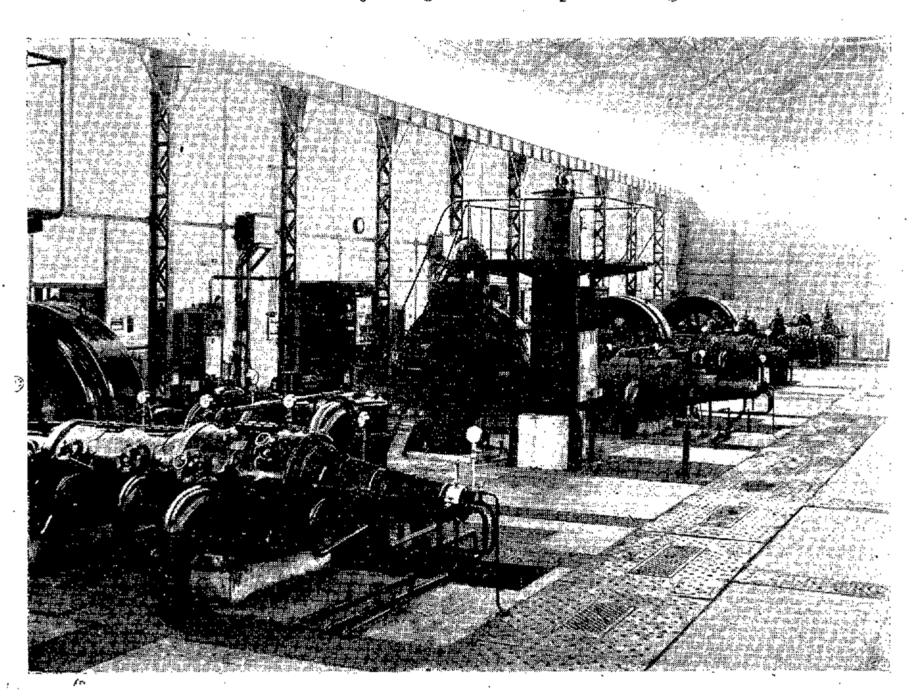


Fig. 1. — Usine de la Compagnie des Mines d'Aniche, à Waziers, près de Douai. Salle des machines.

de l'autre constituant essentiel du gaz de fours, le méthane; il y a dès lors intérêt évident à faire de ce combustible détestable qu'est l'hydrogène un produit chimique de haute valeur — d'autant que les gaz de fours, très peu diminués calorifiquement par son départ, resteront en général suffisants pour leur tâche. Telles sont les raisons que je défends depuis longtemps pour voir aux fours à coke la place d'élection de la synthèse de NH^3 en France.

Ce point de départ admis, j'ai réussi avec mes collaborateurs à extraire cet hydrogène par les procédés de liquéfaction partielle précédemment décrits. Cette technique est actuellement réalisée, à l'aide d'appareils

traitant chacun jusqu'à 72000$^{m^3}$ de gaz de fours par jour, dans les usines mises en route dans le courant de 1925 à Béthune, Aniche, Saint-Étienne, Decazeville en France, Ougrée en Belgique, La Felguera en Espagne, Hikoshima au Japon [1]. Le rendement en hydrogène des appareils bien conduits dépasse 95 pour 100.

Quant à l'azote, sauf à Hikoshima où il est produit par liquéfaction de l'air, il est obtenu en brûlant avec de l'air une partie de l'hydrogène fabriqué.

L'azote et l'hydrogène sont combinés sous la pression de 900^{atm} par les procédés que j'ai également décrits, sur lesquels je ne reviendrai que pour signaler une particularité curieuse non encore mentionnée par moi. Les tubes purificateurs chargés de transformer en méthane le peu d'oxyde de carbone contenu dans l'hydrogène, d'après la réaction $CO + H^6 = CH^4 + H^2O$, peuvent produire une proportion importante d'alcool méthylique, dont on retrouve parfois 25 pour 100 dans l'eau : c'est une manifestation de cette autre réaction $CO + H^4 = CH^3OH^3$, utilisée actuellement pour la synthèse de l'alcool méthylique, et que nous connaissons par suite depuis longtemps, notre premier appareil à hydrogène sur gaz d'eau fonctionnant à Montereau depuis fin mars 1921.

Ces usines ont eu des débuts laborieux qu'excusera sans doute l'absolue nouveauté de toute cette technique, et aussi la grandeur d'un effort que les quelques vues ci-jointes permettront d'apprécier.

La figure 1 représente les compresseurs et hypercompresseurs de l'usine de la Compagnie des Mines d'Aniche, à Waziers, près de Douai. La figure 2 est une vue des blockhaus de l'usine d'Ougrée, dans lesquels sont placés les tubes catalyseurs. Enfin, la figure 3 représente la partie de la salle des machines de l'usine de Béthune réservée aux hypercompresseurs. On concevra ainsi plus aisément les difficultés qu'ont eues à vaincre mes dévoués collaborateurs et les exploitants eux-mêmes, difficultés accrues par la simultanéité des démarrages et la diversité des conditions locales.

Aujourd'hui, j'ai la satisfaction de dire que ces différentes usines s'approchent régulièrement des conditions de fonctionnement prévues, et que certaines d'entre elles les ont dès à présent sensiblement atteintes. Dès le dernier trimestre de 1925, l'ensemble des différentes usines Claude, en

---

(1) A noter cependant que l'usine d'Hikoshima fonctionne sur gaz d'eau, comme l'usine de Montereau. D'autre part, les usines de Flix en Espagne et de Bussi en Italie fonctionnent sur hydrogène électrolytique.

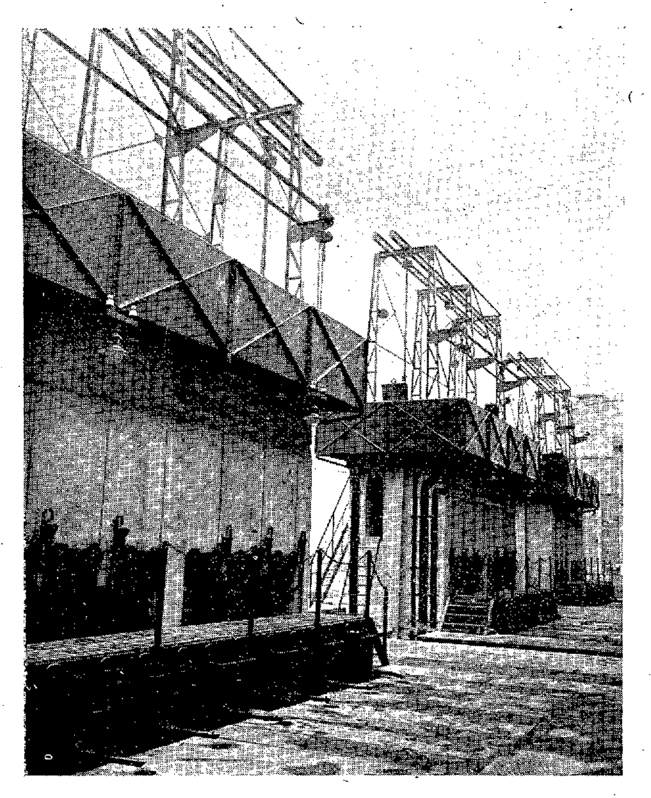


Fig. 2. — Usine d'Ougrée. Blockhaus renfermant les tubes catalyseurs.

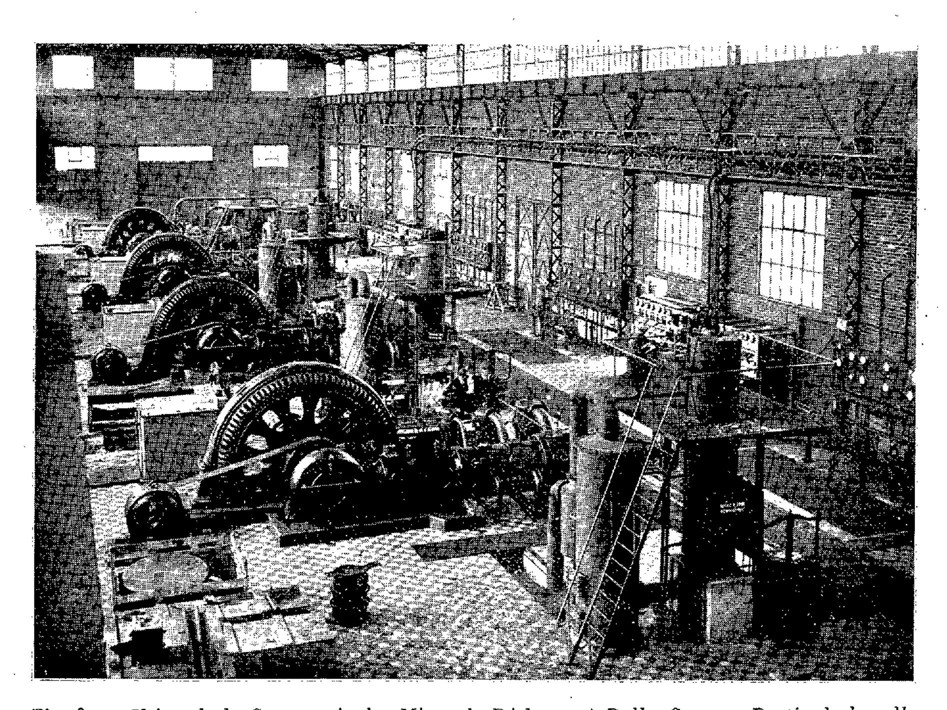


Fig. 3. — Usine de la Compagnie des Mines de Béthune, à Bully-Grenay. Partie de la salle des machines réservée aux hypercompresseurs.

France et à l'étranger, a pu livrer à la consommation 10000 tonnes de sulfate d'ammoniaque ou leur équivalent, ce qui correspond à 40000 tonnes annuelles de sulfate. Dès le premier trimestre de 1926, ce dernier chiffre sera porté à 60000 tonnes; il est destiné à s'accroître régulièrement par l'amélioration du fonctionnement, par l'agrandissement déjà projeté de certaines usines, enfin par la mise en route de nouveaux centres.

Il n'y a donc plus de doute que les usines utilisant ces nouvelles méthodes seront en état de répondre à l'accroissement remarquable de la consommation des engrais, laquelle constitue vraiment, il faut y insister, de la création de richesse dans toute la force du terme, et laquelle, par suite, doit fournir à notre pays foncièrement agricole un des plus sûrs de ses moyens de salut.

HYDRAULIQUE. — *Sur la viscosité et la turbulence.* Note (1) de MM. C. Camichel, L. Escande et M. Ricaud.

Les travaux de MM. Boussinesq, Brillouin, Rateau, Jouguet, Stanton et Pannnel nous ont amenés à étudier la similitude des fluides visqueux dans le régime turbulent.

Nous avons utilisé trois fluides et déterminé leurs coefficients cinématiques de viscosité par *la méthode de Poiseuille, en régime non turbulent :*

1° Essence de pétrole...... $\frac{\mu_1}{\rho_1} = 0,0086$ C.G.S. à 9°,3 C. $\left\{ \dfrac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_1}{\rho_1}} = K_{21} = 1,51 \right.$

2° Eau.................... $\frac{\mu_2}{\rho_2} = 0,0130$ C.G.S. à 10°,4 C.

3° Sirop de sucre brut dilué. $\frac{\mu_3}{\rho_3} = 0,0225$ C.G.S. à 10°,4 C.

$$\dfrac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_3}{\rho_3}} = K_{23} = 0,58$$

I. *Similitude de l'écoulement dans des tubes, en régime turbulent.* — Nous avons fait couler successivement, dans un même tube, les trois fluides précédents, en mesurant les différences de pression $\frac{p_1}{\rho_1 g}$, $\frac{p_2}{\rho_2 g}$, $\frac{p_3}{\rho_3 g}$ entre deux points A et B de ce tube, au moyen de tubes piézométriques, V_1, V_2, V_3 désignant les vitesses moyennes correspondantes.

---

(1) Séance du 22 mars 1926.

Les lois de similitude exigent que les courbes

$$\left(\frac{p_1}{\rho_1 g}K_{21}^2, V_1 K_{21}\right)\left(\frac{p_2}{\rho_2 g}, V_2\right)\left(\frac{p_3}{\rho_3 g}K_{23}^2, V_3 K_{23}\right)$$

soient confondues.

C'est ce que l'expérience a vérifié sur un tube lisse et sur un tube cabossé en laiton de 12^{mm} de diamètre intérieur. Les vitesses réalisées correspondaient toutes au régime turbulent, leurs valeurs maxima étaient pour l'essence : 4,50 m/sec; pour l'eau : 12,40 m/sec; pour le sirop de sucre : 13 m/sec.

En mélangeant à l'essence de pétrole précédemment étudiée une huile très visqueuse, nous avons réalisé un fluide ayant, en régime non turbulent, le même coefficient cinématique de viscosité que l'eau également en régime non turbulent. En faisant écouler dans le même tube, l'eau, puis le mélange précédent, nous avons obtenu, en régime turbulent, les mêmes courbes de pertes de charge, en fonction de la vitesse moyenne.

Ces expériences confirment ce que l'on sait sur la similitude des fluides visqueux; elles nous montrent en outre que les courbes $\left(\frac{p}{\rho g}, V\right)$ correspondant aux fluides étudiés se rapprochent les unes des autres quand on passe du régime non turbulent au régime turbulent.

Quand le tube étudié comprend des singularités importantes telles que cloisonnements, coudes brusques, etc., ces courbes tendent à se confondre et d'autant plus que les vitesses sont plus élevées. La courbe commune est alors une parabole du deuxième degré. Ce résultat a été vérifié sur un coude à 66° et sur un tube cloisonné de 14^{mm} de diamètre intérieur. Indépendamment des fluides précédents, nous avons utilisé du sirop de sucre brut avec des concentrations permettant d'atteindre un coefficient cinématique de viscosité égal à 11,4 fois celui de l'essence.

Nous avons exécuté en outre une expérience en faisant couler successivement de l'essence, de l'eau et le sirop le plus visqueux, sous des charges égales (8^{m}) dans le tube cloisonné et vérifié l'égalité des débits :

$$q_{\text{essence}} = 0,963 \text{ l/sec}, \qquad q_{\text{eau}} = 0,960 \text{ l/sec}, \qquad q_{\left(\substack{\text{sirop}\\ \text{concentré}}\right)} = 0,964 \text{ l/sec}.$$

Dans ce cas, les lois de similitude des fluides visqueux, s'appliquent toujours, car la courbe $\left(\frac{p}{\rho g}k^2, Vk\right)$ est la même que la parabole $\left(\frac{p}{\rho g}, V\right)$ quel que soit k.

Les pertes de charge sont donc indépendantes de la viscosité quand elles sont proportionnelles au carré de la vitesse. C'est le résultat que nous avons signalé en hydraulique, pour les ouvrages auxquels nous avons donné le nom de *courts*.

II. *Étude des mouvements giratoires.* — Nous avons d'ailleurs étendu ce résultat aux mouvements giratoires, en étudiant la vidange de réservoirs cylindriques semblables $\left(\text{rapport de similitude, } \lambda = \frac{8}{3}\right)$, dans lesquels nous provoquions des tourbillons à axe vertical. On réalise ainsi un phénomène transitoire.

Les dimensions du grand cylindre étaient

Hauteur $= 1^{m},20$; Diamètre $= 0^{m},80$; Diamètre de l'orifice d'écoulement $= 0^{m},09$.

Nous avons ainsi obtenu comme rapport des durées d'écoulement :

$$\frac{100,2}{62,4} = 1,61,$$

alors que le rapport théorique est

$$\sqrt{\lambda} = \sqrt{\frac{8}{3}} = 1,63.$$

Des vérifications aussi satisfaisantes ont été faites avec des rapports de similitude de 6,66 sur les débits de tourbillons à axe vertical alimentés sous une charge constante.

CORRESPONDANCE.

RAYONS POSITIFS. — *Sur les phénomènes lumineux observés dans un tube à rayons positifs de lithium.* Note [1] de M. **Max Morand**, transmise par M. A. Cotton.

1. Dans une Note précédente j'ai montré quelles indications on pouvait tirer de l'observation du fonctionnement d'un tube à rayons positifs dans un champ magnétique. La séparation des différentes espèces de particules a fourni de nouveaux renseignements sur la nature et la cause de certains phénomènes lumineux déjà étudiés [2].

Dans la région la plus déviée de leur trajectoire, les rayons positifs sont absolument invisibles. Les taches qu'ils forment sur les parois sont des taches de fluorescence, semblables à celles provoquées par les rayons cathodiques. A l'endroit frappé, je n'ai pas observé l'émission de raies

[1] Séance du 29 mars 1926.
[2] *Comptes rendus*, 178, 1897, p. 1528-1701.

lumineuses caractéristiques du métal considéré. Il y a là une absence de phénomènes qui paraît contradictoire avec l'existence précédemment indiquée d'une tache rouge très lumineuse située sur la cathode à l'endroit où elle est frappée directement par les rayons positifs. En fait, cette lumière n'est pas due à la neutralisation directe des rayons positifs, comme je le pensais alors, mais bien au bombardement d'une mince couche de sel déposée par évaporation à la surface de la cathode; ce bombardement très intense a pour effet de libérer des atomes de lithium, et ceux-ci, une fois excités, deviennent fortement lumineux ([1]). Cette explication est pleinement confirmée par l'expérience suivante : si l'on fait tomber un faisceau de rayons positifs suffisamment intense sur un peu de chlorure de lithium disposé au point où le champ magnétique concentre ces rayons, on constate qu'au lieu de présenter une simple fluorescence verte, le sel est illuminé en rouge.

On doit donc penser qu'en général les ions positifs arrivant avec une grande vitesse sur un obstacle, pénètrent plus ou moins profondément à l'intérieur; quand ils s'y neutralisent, on n'observe plus aucune émission de lumière particulière, soit parce que cette émission est cachée, soit plutôt parce que l'énergie correspondante est absorbée par la matière frappée pour donner lieu aux phénomènes de fluorescence observés.

2. L'ensemble des rayons positifs neutralisés au voisinage de la pointe et animés d'une vitesse plus ou moins grande, forme, avec tous les autres déchets neutres, un faisceau non dévié qui est traversé sur une partie de leur parcours par les rayons positifs déviés, et légèrement illuminé par eux. Cette luminosité très faible cesse complètement au dehors des limites du faisceau non dévié : elle est donc uniquement due aux particules rencontrées et quasi immobiles. Elle ne se continue pas dans le sens des trajectoires des rayons positifs, ce que l'on devrait observer, grâce à leur vitesse, si la lumière provenait de la neutralisation de ces ions en mouvement rapide. Ceux-ci restent donc en grande majorité intacts à la faveur de leur vitesse et du petit nombre de chocs reçus. Ceci explique l'absence du phénomène de Doppler dans les phénomènes lumineux observés par M. Poirot pendant le fonctionnement du tube. Contrairement à ce qui se passe dans un tube à rayons canaux où la pression est assez élevée et où les rayons positifs peuvent se trouver eux-mêmes facilement excités à la suite de plusieurs chocs,

---

([1]) En même temps les rayons positifs excitent la fluorescence du sel; ceci explique l'existence d'un fond continu précédemment signalé (*loc. cit.*, p. 1529).

les rayons positifs ne sont pas lumineux dans le tube utilisé : ils agissent seulement par leur bombardement pour provoquer l'émission de lumière par d'autres particules. Un ion positif n'est pas plus lumineux qu'un corpuscule cathodique quand il se meut dans un vide assez poussé : seuls les chocs et la neutralisation accidentelle peuvent le rendre lumineux.

Il semble qu'une luminosité plus faible et uniforme dans le faisceau des particules non déviées soit due au bombardement de ces particules par des particules neutres animées d'une plus grande vitesse qui sont d'anciens ions neutralisés au voisinage de l'anode. Je ne vois pas pourquoi les particules neutres ne produiraient pas, par leur choc, la même excitation qu'un ion positif lancé avec la même vitesse; il semble bien, d'après cette observation, qu'il en soit effectivement ainsi.

3. Lorsque l'anode est recouverte de sels de lithium, on observe l'émission continuelle de rayons positifs d'hydrogène, qui donnent après déviation une tache nette sur le tube. Ces ions viennent directement de l'anode où ils sont émis, de la même manière que les ions de lithium; ces rayons positifs d'hydrogène prennent en effet naissance un peu avant ceux de lithium, pour une valeur un peu plus faible du champ électrique. On n'observe pas de raies correspondant à H^2 ou H^3, ce qui est bien normal étant donnée l'impossibilité de semblables associations dans un vide très poussé.

J'ai observé plusieurs fois l'existence d'une tache très nette correspondant à des rayons positifs de lithium doublement ionisé. Ce résultat me paraît confirmer de manière particulièrement nette l'attribution faite au spectre du lithium ionisé de certaines raies observées dans la lumière de la tache cathodique.

Un champ magnétique plus intense aurait sans doute permis de mettre en évidence les raies dues aux rayons positifs des halogènes contenus dans le sel et formés au voisinage de la pointe; mais il m'a été impossible d'obtenir une déviation suffisante pour ces ions beaucoup plus lourds.

OPTIQUE. — *Dépolarisation de la lumière diffusée par quelques substances organiques.* Note [1] de MM. J. **Cabannes** et J. **Granier**, transmise par M. A. Cotton.

On connaît l'intérêt que présente l'étude expérimentale de la diffusion de la lumière par les fluides. Malheureusement, dans la plupart des cas, les

[1] Séance du 29 mars 1926.

résultats restent encore trop discordants pour être utilisables. C'est ainsi que nous avons été amenés à mesurer avec une précision meilleure (variant entre 1 et 5 pour 100) la dépolarisation ρ de la lumière diffusée par quelques substances, et nous avons choisi des molécules organiques assez simples pour qu'on puisse trouver une interprétation susceptible de contrôle numérique.

Les principaux résultats de nos mesures sont groupés dans ce Tableau :

	Liquide.		Vapeur.			Dépolarisation limite
	100ρ.	$\theta°$.	100ρ.	p(atm).	$\theta°$.	($100\rho_0$).
1. Hexane normal	[1]	»	1,56	0,93	67	1,68
2. Cyclohexane	[1]	»	0,81	0,84	95	0,86
3. Cyclohexène	22,5	15	2,05	0,9	100	2,15
4. Méthylcyclohexène	24,5	18	2,12	1	140	2,25
5. Cyclopentène	24,0	15	»	»	»	»
6. Benzène	42,0 39,0 37,5	16 50 60	4,20	1	100	4,40
7. Toluène	43,0	10	4,20 3,95	0,4 1,9	120 187	4,26
8. Naphtalène	»	»	10,0	Vapeur saturante sous pression réduite		10,0
9. Chlorure de méthyle	»	»	1,52	1	15	1,52
10. Chlorure d'éthyle	»	»	1,63	1	15	1,64
11. Chloroforme	»	»	1,58	1,3	95	1,67
12. Tétrachlorure de carbone	5,6	13	0,77	1	96	0,82
13. Thiophène	48,5	15	»	»	»	»

Le facteur de dépolarisation ρ (diffusion transversale d'un faisceau de lumière naturelle) a été déterminé à la température θ, sous la pression p (en atmosphères), par nos méthodes habituelles. Nous avons pu opérer sur 3^{cm^3} de liquide et 300^{cm^3} de vapeur. Une cuve de quinine concentrée arrêtait toute la partie ultraviolette et violette du rayonnement solaire. Des mesures visuelles ont suffi dans le cas des liquides; avec les vapeurs la photographie a donné plus de précision. Nous avons calculé la « dépolarisation limite » ρ_0 relative à l'état parfait en appliquant à la vapeur la formule de Rama-

(1) On peut admettre, à l'état liquide, pour l'hexane, $\rho = 0,10$ (Martin et Lehrman, Krishnan); pour le cyclohexane 0,08 (Martin et Lehrman); pour le chloroforme 0,15 (Raman, Martin).

nathan (¹) :

$$\frac{\gamma\rho}{6-7\rho}=\frac{\rho_0}{6-7\rho_0}.$$

L'un de nous a déjà indiqué (²) comment on obtient le coefficient

$$\gamma=1+2B\Delta$$

lorsque la vapeur n'est pas trop éloignée de l'état parfait.

Conclusions. — 1° Les liquides 3, 4, 5, 13 et les vapeurs 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 n'avaient pas encore été étudiés.

2° Pour les homologues du méthane à l'état gazeux, on était en présence de deux séries de valeurs contradictoires. L'un de nous avait obtenu, de C^1 à C^6, une dépolarisation sensiblement constante et voisine de 0,016; Ganesan (³), de C^5 à C^8, une dépolarisation voisine de 0,030. Nous avons repris l'hexane normal et confirmé la première valeur. Il résulte de toutes ces mesures que la dépolarisation limite varie très peu pour les carbures saturés à chaînes ouvertes, lorsqu'on passe du méthane à l'octane.

3° Pour le benzène à l'état de vapeur on admettait jusqu'ici des nombres compris entre 0,060 et 0,072. Nous avons obtenu 0,042 à 2 pour 100 près (⁴). A l'état liquide nous trouvons 0,420, à 1 pour 100 près, en lumière verte, jaune ou rouge (⁵).

4° La suppression de la cuve de quinine enlève aux mesures toute certitude : les radiations 3600-4000 Å excitent une fluorescence bleue particulièrement nette avec les substances 3, 4, 6, 7, 8. Ainsi, dans la vapeur de toluène, la dépolarisation passe de 0,042 à 0,060 lorsqu'on enlève le filtre de quinine.

Avec le thiophène la quinine ne suffit plus : les radiations visibles (indigo et bleu) sont quatre fois plus actives que l'ultraviolet, et la fluorescence

(¹) RAMANATHAN, *Proc. Ind. Assoc. Cultiv. Sc.*, 8, 1923, p. 186.

(²) CABANNES et GAUZIT, *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 189 et 198.

(³) GANESAN, *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 1216.

(⁴) Le modèle moléculaire, proposé par Ramanathan (*Nature*, 116, 1925, p. 279) et qui lui donne 0,074, ne convient donc pas.

(⁵) En lumière bleue (cuve d'eau céleste), que le filtre soit placé sur le faisceau incident ou sur le faisceau diffusé, nous trouvons $\rho=0,49$. L'effet de dispersion donnerait tout au plus 0,43. Il faut donc admettre que des radiations bleues excitent une *trace* de fluorescence bleue. Mais nous n'avons pas constaté sur notre échantillon de benzène très pur la fluorescence assez forte signalée par Rocard (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 690).

qu'elles produisent s'étend jusqu'au jaune; évaluée en bougies, la fluorescence atteint 0,15 de la diffusion latérale.

Enfin le cas du cyclopentène est plus remarquable encore; la cuve de quinine n'a plus d'action sensible sur ρ; la lumière excitatrice est bleue, et le spectre de fluorescence s'étend jusqu'au rouge. La fluorescence devient ici sept fois plus intense que la diffusion latérale. Aussi, pour ces deux derniers liquides, n'avons-nous pu déterminer le facteur ρ qu'en lumière rouge. Mais on sait que la dispersion de ρ est généralement inférieure aux erreurs de mesure.

POLARIMÉTRIE. — *Appareil pour la détermination précise de l'orientation d'une vibration rectiligne dans l'ultraviolet.* Note [1] de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, transmise par M. A. Cotton.

Introduction. — On a déjà fait des mesures spectropolarimétriques dans l'ultraviolet; en particulier MM. Cotton et Descamps [2] ont réalisé un appareil à enregistrement continu qui présente l'avantage de donner en même temps, et sur un seul cliché, la dispersion rotatoire d'une substance pour les diverses longueurs d'onde du spectre. Cependant, pour des mesures très précises et surtout au voisinage d'une bande d'absorption, on peut craindre que la purification spectrale donnée par ce dispositif ne soit pas suffisamment parfaite, les milieux transparents tels que le quartz étant toujours loin d'être optiquement vides; d'autre part la répartition irrégulière de l'énergie dans le spectre de toutes les sources et la sensibilité variable de la plaque photographique peuvent donner lieu à des phénomènes d'irradiation très gênants.

Nous avons réalisé un montage spectropolarimétrique où l'isolement des radiations et la purification spectrale sont complets avant le polarimètre.

Monochromateur. — Nous avons fait les essais avec un arc au mercure en quartz. Le monochromateur est double pour donner une filtration parfaite. Dans chaque moitié, la dispersion est obtenue au moyen d'une lentille achromatique quartz-spath et d'un prisme de quartz traversés deux fois, la première avant, la deuxième après réflexion normale sur un miroir quartz-mercure. Les trois diaphragmes (source et deux filtrations) ont 1^{mm} de diamètre.

---

(1) Séance du 29 mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 22.

Polarimètre. — Le polariseur et l'analyseur sont constitués par deux Glazebrooks collés avec de la glycérine, qui sont transparents jusque vers $250^{m\mu}$. Dans l'intervalle des prismes, le faisceau lumineux est rendu pratiquement parallèle par une lentille de quartz : le demi-angle d'ouverture du faisceau est d'environ 9 minutes. Une dernière lentille forme l'image définitive T (diamètre environ $0^{mm},5$) du trou lumineux source sur une plaque photographique P. Nous pouvons ainsi placer sur le faisceau des cuves à faces parallèles fermées par des lames de quartz perpendiculaires à l'axe.

Dispositif d'enregistrement. — Nous prenons sur une même plaque P une série de photographies de l'image monochromatique T. Les poses sont d'égales durées et séparées par des déplacements égaux de l'analyseur. Le dispositif est entièrement automatique et commandé par une horloge : il sera décrit ailleurs.

On mesure au microphotomètre Fabry-Buisson le noircissement des petites images circulaires T; les nombres lus sont portés comme ordonnées sur un graphique dont les abscisses sont les rotations de l'analyseur. Le diamètre vertical D de la courbe C obtenue détermine l'azimut α_0 de l'analyseur qui correspond à l'extinction.

Sensibilité. — Les points de la courbe C qui déterminent le diamètre D avec la plus grande précision sont ceux qui correspondent au noircissement normal du cliché, au voisinage d'une rotation α de l'analyseur. On réalise ainsi une méthode de pénombres, correspondant au demi-angle de pénombres $\alpha - \alpha_0$. Cet angle est d'autant plus petit que l'étendue du faisceau lumineux est plus grande et la durée de pose plus longue.

L'un des Glazebrooks étant diaphragmé à 3^{mm}, les raies 436, 405, 365 et $313^{m\mu}$ du mercure correspondent, avec des poses d'une minute, à un demi-angle de pénombres $\alpha - \alpha_0$ de l'ordre de 40'. *L'azimut α_0 est ainsi déterminé à environ une demi-minute près, bien que l'étendue correspondante du faisceau* (3^{mm} et 18') *soit deux fois plus petite que l'étendue la plus favorable pour l'observation visuelle.*

Limite de la sensibilité. — Pour augmenter la sensibilité, il suffit d'augmenter les durées de pose : on n'est limité que par la lumière parasite, ici très faible. Nous avons fait un essai avec la raie 366 Hg et des poses de 5 minutes, en élargissant à 8^{mm} le diaphragme du Glazebrook. La courbe obtenue est parfaitement symétrique. Le noircissement normal est réalisé pour des angles $\alpha - \alpha_0$ compris entre 10' et 25'; la variation de la lecture faite au microphotomètre est d'une dizaine de divisions pour une rotation

d'une minute de l'analyseur. *Dans ces conditions, l'axe de symétrie de la courbe* C *se détermine à environ* $\frac{1}{10}$ *de minute près*, en laissant de côté les erreurs de lecture dues à l'imperfection du cercle gradué. Le cliché ne présente encore aucune trace de voile, et l'on pourrait aller plus loin ; nous ne l'avons pas fait parce que cela dépasserait les besoins des mesures actuellement en cours.

Remarques de M. **A. Cotton** *sur la Note précédente.*

MM. Bruhat et Pauthenier avaient déjà entrepris la réalisation de l'appareil qu'ils viennent de décrire lorsque nous avions, M. Descamps et moi, indiqué le principe du nôtre. Les deux appareils ont une grande analogie : ils utilisent tous deux la méthode des pénombres sans qu'on emploie un appareil spécial pour réaliser des plages contiguës et supposent *tous deux* que la plaque sensible a la même sensibilité à ses différents points. Au reste on voit sans peine que la courbe C que MM. Bruhat et Pauthenier tracent par points n'est autre (en supposant la source ponctuelle) que celle que le microphotomètre enregistreur trace automatiquement dans notre cas.

Il est certainement préférable théoriquement de purifier spectralement avant l'accès de la lumière dans le polarimètre, mais il est non moins évident que les mesures deviennent alors plus longues puisque, pendant chaque pose, on n'utilise qu'une des radiations de la source.

Dans le travail détaillé de M. Descamps, qui était annoncé dans notre Note, on trouvera la réponse aux diverses questions soulevées dans la Note de MM. Bruhat et Pauthenier. M. Descamps indiquera notamment comment il est parvenu à éviter le voile produit par la lumière diffusée qui a paru en effet gênant au début, comment on rend insensibles les effets des *réflexions* sur les faces des prismes (plus importantes que la diffusion intérieure dans le cas de quartz bien choisis), comment enfin l'emploi d'un prisme de spath (au lieu de quartz) et de lentilles de long foyer assure entre les images spectrales une séparation suffisante. Enfin les précisions numériques nécessaires seront données : on ne peut les résumer par un nombre unique parce que la sensibilité n'est pas la même pour toutes les raies et parce qu'elle dépend au premier chef des qualités des plaques transparentes servant à fermer les tubes polarimétriques. Il y a là, pour les mesures dans

l'ultraviolet, une difficulté réelle; nous indiquerons prochainement comment on peut la surmonter.

L'appareil que nous avons décrit sommairement n'est pas destiné seulement à dessiner la courbe de dispersion rotatoire, mais à donner des valeurs des rotations, dans le cas de liquides transparents au moins, avec toute la précision nécessaire pour les besoins de la pratique. J'ajouterai enfin que rien n'empêche de l'utiliser en le faisant précéder lui aussi d'un séparateur de radiations, sans le modifier autrement, de façon à obtenir, particulièrement dans le cas des corps absorbants, les avantages que procure la purification spectrale préalable.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *Sur les piles photovoltaïques à électrodes inaltérables*. Note (1) de M. S. **Schlivitch**, transmise par M. Cotton.

La question de savoir si les radiations du spectre visible peuvent produire une différence de potentiel entre deux électrodes inaltérables du même métal et plongeant dans un électrolyte stable à la lumière, n'a pas encore trouvé une réponse bien nette. Les forces électromotrices qu'on obtient d'habitude dans ces piles sont très faibles et, par suite, leur existence est sujette à des objections très fondées. D'autre part, leur cause est attribuée soit à l'altération de l'électrode, soit à une transformation de l'électrolyte.

Pour éviter ces complications, j'ai choisi des électrodes de platine et des solutions électrolytiques dont la stabilité photochimique n'est pas douteuse, du moins dans la région du spectre visible dans laquelle toutes mes recherches ont été faites. Il a paru nécessaire, au cours des expériences, que les électrodes fussent soudées pour obtenir des éclairements identiques. L'appareil (2) consiste en un tube en U dans les branches verticales duquel sont soudés deux fils de platine de même diamètre, qu'on a préalablement bien nettoyés à l'acide azotique et à l'eau distillée. Les rayons lumineux d'une lampe à mercure en quartz (160 volts; 2,5 ampères), située à 2^m de la pile, traversent un système de lentilles de verre, de façon que l'électrode soit dans l'axe du faisceau lumineux qui converge sur elle. Enfin, on mesure les différences de potentiel avec un électromètre capillaire de Lippmann sensible à $\frac{1}{10000}$ de volt.

---

(1) Séance du 22 mars 1926.

(2) A. Grumbach, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 88.

J'ai étudié les trois solutions suivantes : bichromate de potassium, bichromate d'ammonium et nitrate de sodium. Les f. e. m. de ces solutions croissent avec la durée de l'éclairement et retombent dès qu'on cesse d'éclairer. Dans toutes les expériences, l'électrode était éclairée à travers une cuve d'eau qui servait à arrêter les radiations infrarouges.

Voici quelques résultats obtenus avec diverses concentrations de bichromate de potassium :

Concentration en grammes par litre d'eau.	1,6.	10.	20.	40.	100.
F. e. m. en 10^{-4} volt.........	120	108	65	31	7

Dans ces expériences la durée de l'éclairement était de 5 minutes. L'électrode éclairée était toujours négative par rapport à celle qui est maintenue dans l'obscurité. Les f. e. m. en éclairement prolongé jusqu'à 120 minutes, peuvent dépasser la valeur de 15 millivolts pour les solutions diluées. Le bichromate d'ammonium se comporte de même. Les f. e. m. sont négatives et, pour des solutions concentrées ($c = 60^g$ par litre), si l'exposition n'a pas été très prolongée, elles changent de signe dans l'obscurité et deviennent positives. Le nitrate de sodium en solution étendue donne des effets inappréciables; ce n'est que pour les concentrations de 100^g à 200^g par litre que les f. e. m. deviennent notables. Les tableaux suivants montrent la marche des expériences :

$K^2Cr^2O^7$. (C = $1^g,6$ par litre.)		$(NH^4)^2Cr^2O^7$. (C = 60^g par litre.)		$NaNO^3$. (C = 200^g par litre.)	
Temps.	F.E.M. en 10^{-4} v.	Temps.	F.E.M. en 10^{-4} v.	Temps.	F.E.M. en 10^{-4} v.
min sec		min sec		min sec	
0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.48	— 19	1.00	— 4	1.30	— 7
1.45	— 59	2.00	— 7	2.30	—16
3.00	— 75	obscurité		4.30	—25
4.00	— 95	3.00	— 9	8.30	—39
5.00	—120	12.00	— 7	10.00	—48
obscurité		23.00	0	obscurité	
7.00	—105	30.00	9	11.30	—43
20.00	— 72	41.00	16	24.00	—27
40.00	— 40	45.00	18	48.00	0
80.00	— 15	52.00	27	59.00	9
103.00	0	80.00	27	65.00	16

Les plus grandes précautions ont été prises pour avoir des solutions

exemptes de matières organiques. De plus, un appareil spécial a été construit pour chaque liquide. La première expérience avec une pile nouvellement construite donne un résultat qui est au-dessous de la moyenne des suivantes, probablement parce qu'en portant au préalable l'électrode au rouge on lui fait absorber une quantité notable de gaz. A l'aide d'un dispositif spécial, on pouvait éclairer à volonté soit l'une ou l'autre électrode, et, dans tous les cas, les forces électromotrices en éclairement direct sont négatives. On peut remarquer que la théorie photoélectrique du phénomène de Becquerel, qui prévoit que les forces électromotrices sont toujours positives, n'a pas un caractère général.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude dans la série du sulfure de diphénylène.* Note (¹) de MM. **Ch. Courtot** et **C. Pomonis**, présentée par M. Ch. Moureu.

On ne décrit, comme dérivé aminé du sulfure de diphénylène, que le produit de condensation de la benzidine avec le soufre, auquel on attribue, dans les traités classiques de matières colorantes, la formule d'un 2.2'-diaminodiphénylènesulfure, bien qu'en réalité, tant par le travail de Dahl (²) que par les recherches de Watson (³), la formule de ce corps ne soit, de loin, pas établie.

Nous nous sommes proposé de préparer les dérivés aminés du sulfure de diphénylène par nitration, puis réduction des groupes nitrés.

Mais un mélange sulfonitrique formé de 38 pour 100 HNO^3, 50 pour 100 H^2SO^4, 12 pour 100 H^2O qui donne, à 20°, du mononitrobenzène quantitativement, agit sur le sulfure de diphénylène $f = 97°$, principalement comme oxydant et conduit à la diphénylènesulfinone, non encore connue. C'est une substance bien cristallisée, d'un blanc légèrement jaunâtre, $f = 188°\text{-}188°,5$, facilement soluble dans l'alcool et le benzène bouillants, peu soluble à froid. Incidemment, nous avons vérifié que cette diphénylènesulfinone se comporte comme la diphénylsulfone vis-à-vis des magnésiens (⁴). Le bromure d'éthylmagnésium la réduit à peu près intégralement en diphénylènesulfure, et c'est même un procédé commode pour régénérer

(¹) Séance du 22 mars 1926.

(²) D. R. P., n° 38795. Fdl., I, 1886, p. 504.

(³) *Chem. Soc. Trans.*, **121**, 1922, p. 2418.

(⁴) Hepworth, *Chem. Soc.*, **119**, 1921, p. 1188. — Grignard et Zorn, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1177. — Strecker, *Ber.*, **43**, 1910, p. 1133.

notre précieuse matière première; C^6H^5MgBr dans les mêmes conditions, la laisse inaltérée.

On arrive au dérivé mononitré du diphénylènesulfure, en dissolvant à 60° le sulfure dans quatre parties d'acide acétique, en refroidissant à 30-40° pour provoquer la précipitation partielle, sous forme très ténue grâce à une bonne agitation, du diphénylènesulfure et en introduisant, toujours à 30-40°, de l'acide nitrique à 90-93 pour 100, en quantité correspondant à une fois et demie la théorie pour la mononitration. Dans ces conditions, on réduit la formation de diphénylènesulfinone à 40 pour 100, on régénère 10 pour 100 de sulfure de diphénylène et l'on obtient 40 pour 100 de dérivé mononitré. La séparation s'effectue très facilement, par précipitation du produit de nitration dans l'eau, essorage, lavage à l'eau et en reprenant le précipité par de l'alcool chaud qui laisse à peu près complètement insoluble le dérivé nitré, alors que passent intégralement en solution la diphénylènesulfinone ainsi que le diphénylènesulfure. On recristallise le dérivé mononitré dans le benzène bouillant, d'où il précipite, par refroidissement, en longues aiguilles jaune pâle fusibles à 183°, 5-184° après plusieurs cristallisations.

La réduction de ce dérivé mononitré en aminodiphénylènesulfure a été effectuée par le zinc en solution ammoniaco-alcoolique, à l'ébullition. Après décoloration de la liqueur, on filtre à chaud, le dérivé aminé cristallise au refroidissement. On le purifie en le dissolvant dans l'éther et en extrayant la solution éthérée, d'une façon répétée, par de l'HCl à 10 pour 100. On met en liberté la base par addition de CO^2Na^3, l'amine précipite en flocons presque incolores, qui grisaillent par séjour à l'air; on les essore donc aussitôt et l'on fait recristalliser de l'alcool chaud. L'aminodiphénylènesulfure précipite au refroidissement en aiguilles d'un blanc argenté, $f = 131°,5\text{-}132°$. Cette base se laisse facilement diazoter; le diazoïque copule avec le naphtol AS en rouge, avec le sel R en rouge bleuté, avec l'acide H en violet. L'étude des colorants est poursuivie.

Le dérivé acétylé de l'aminodiphénylènesulfure cristallise du benzène sous forme extrêmement ténue, jaune clair et fond à 167-168°.

On peut préparer un dérivé dinitré du sulfure de diphénylène soit par nitration du mononitro, soit par binitration directe du sulfure.

a. On chauffe de l'acide nitrique à 90-93 pour 100 à 30-40°. On ajoute par petites portions du mononitrodiphénylènesulfure, en maintenant la température vers 40°. Le mononitro se dissout presque immédiatement et la solution reste limpide.

On jette dans de l'eau. Le dinitro précipite sous forme floconneuse, d'un blanc jaunâtre. On essore, lave à l'eau et l'on fait recristaliser dans l'acide acétique chaud. Le dinitro fond à 324-325°, en se décomposant. Il est insoluble dans la plupart des solvants organiques usuels.

b. On dissout le biphénylènesulfure dans un mélange d'anhydride acétique et d'acide acétique 1 : 2, à une température comprise entre 20 et 40°, et l'on ajoute la quantité d'acide nitrique à 90 pour 100, pour une binitration. On obtient, après séparation à l'alcool et au benzène, 40 pour 100 de dérivé mononitré, 45 pour 100 de dérivé dinitré identique au précédent et la proportion de sulfinone est réduite à 10 pour 100.

La réduction du dérivé dinitré a été réalisée par l'étain et l'acide chlorhydrique, à 50-60°. On essore le précipité gris formé et le dissout dans l'eau tiède. On sépare l'étain par filtration et du filtrat on précipite la diamine par la soude 1 : 1, employée en excès pour dissoudre le sel d'étain restant. On essore, lave et le diaminodiphénylènesulfure est recristallisé de l'alcool chaud, dans lequel il est très soluble. Il précipite au refroidissement sous forme de petites aiguilles microscopiques, d'un gris cendré, $f = 178°$ (par projection) en se décomposant.

Ce diaminodiphénylènesulfure a été caractérisé par son dérivé diacétylé qui se présente sous forme de poudre jaune brunâtre, fusible, en se décomposant à 237-239°. Il est très soluble dans l'alcool chaud, ainsi que dans le benzène. Insoluble dans l'éther et la ligroïne, par action du bichromate de soude en milieu acétique, il se transforme en diacétyldiaminodiphénylènesulfure, $f = 378°$.

Le diaminodiphénylènesulfure se diazote et copule facilement. Nous comparons les colorants à ceux dérivés de la thiobenzidine.

MÉDECINE. — *Remarques relatives à l'application de la gymnastique oculaire au traitement de la myopie et de l'amblyopie*. Note [1] de M. **J. Roger d'Ansan**, présentée par M. d'Arsonval.

Il m'a semblé intéressant de compléter ma Note du 21 septembre dernier par les constatations que m'a permis de faire la pratique de la gymnastique oculaire dans la myopie et l'amblyopie.

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

Il découle, en effet, des expériences que je poursuis depuis treize années :

1° Qu'une régression brusque et persistante de l'acuité visuelle doit toujours être considérée comme le signe diagnostique d'une infection;

2° Que la migraine due à un vice de réfraction disparaît avec l'amélioration de l'acuité visuelle;

3° Que l'on enregistre invariablement une diminution de cette acuité durant la période cataméniale;

4° Que les malades affligés de végétations adénoïdes ne voient pas leur acuité visuelle progresser;

5° Que le succès est souvent douteux chez les sujets faisant du spasme de l'accommodation;

6° Enfin, que les crises albuminuriques provoquent une rechute chez les sujets guéris, mais cette régression n'est jamais totale et, si l'on reprend le traitement, sa durée est fort abrégée, ce qui démontre que les muscles de l'œil n'ont point perdu l'élasticité précédemment acquise.

La séance est levée à 15^h20^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 22 mars 1926.)

Note de MM. *Boris Grinberg* et *Maurice Paschoud*, Torsion d'un cylindre creux dont la section droite est limitée par deux cercles excentriques :

Page 760, ligne 20, *lire* l'inégalité sous la forme suivante :

$$(\operatorname{ch} I - 1)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{ne^{-nE}}{\operatorname{sh} n(I - E)} > \frac{r}{2d}.$$

Page 761, ligne 10, le facteur 2 au numérateur de la formule est à supprimer.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la nature arithmétique de la constante d'Euler.* Note de M. **Paul Appell** (1).

On sait qu'Hermite a posé la question de déterminer la nature arithmétique de C (Correspondance p. 456, 459, 465, 471, lettre à Stieltjes 1889, Paris 1904). En faisant usage de la remarque de M. G. Vacca dans le travail indiqué à la Note précédente (*Comptes rendus*, 29 mars 1926), et de résultats déduits de l'expression de $S(h)$ donnée par M. Ser, on peut démontrer par l'absurde que C est incommensurable. Nous remplacerons dans ce qui suit la fonction $S(h)$ par la partie de la série que donne M. Ser, prise à partir du terme de rang μ; nous désignerons cette partie par $T(h)$.

$$T(h) = \sum_{\nu=\mu}^{\infty} \frac{1}{h}\,\frac{1}{h+1},\,\frac{2}{h+2},\,\ldots,\,\frac{\nu}{h+\nu}\,p_{\nu+2}.$$

Il faut remarquer que la différence

$$S(h) - T(h)$$

est commensurable, car les quantités $p_2, p_3, \ldots, p_{\nu+1}$ le sont.

Des relations

$$C = \text{nombre comm.} - \log h + T(h),$$
$$C = \text{nombre comm.} - \log h^n + T(h^n))$$

on déduit

$$(n-1)C = \text{nombre comm.} + nT(h) - T(h^n).$$

(1) Séance du 7 avril 1926.

Si donc C était commensurable $nT(h) - T(h^n)$ le serait quels que soient les deux entiers n et h supérieurs à 1. Or nous allons montrer que ceci est absurde.

Considérons en effet les quantités

$$nT(h) - T(h^n) = \alpha_n,$$

où $n = 1, 2, 3, \ldots$, la première α_1 étant évidemment nulle. Il est absurde de les supposer toutes commensurables pour $n \leqq p$, p étant aussi grand qu'on le veut.

D'abord les α_n croissent avec n, car si l'on change n en $n+1$, la partie positive $nT(h)$ augmente et la partie retranchée $T(h^n)$ diminue. Pour $n \leqq p$ on a, en réduisant les α_n au même dénominateur,

$$nT(h) - T(h^n) = \frac{a_n}{b},$$

$n = 1, 2, 3, \ldots, p$. La relation $\alpha_{n+1} > \alpha_n$ donne $a_{n+1} > a_n$ et comme a_n est entier

$$a_{n+1} \geqq a_n + 1,$$

d'où, puisque $a_1 = 0$, $a_{n+1} \geqq n$. On aurait alors, pour $n > m > 1$,

$$(1) \qquad (ma_n - na_m)T(h) + a_m T(h^n) - a_n T(h^m) = 0,$$

relation de la forme

$$(2) \qquad NT(h) + N'T(h^n) - N''T(h^m) = 0,$$

N, N', N'' étant trois entiers. Les nombres $N' = a_m$, $N'' = a_n$ sont évidemment positifs : N est également positif, car, dans la formule (1),

$$a_n > a_m, \quad T(h^m) > T(h^n), \quad \text{et} \quad T(h) > 0.$$

En remplaçant $T(h)$, $T(h^m)$, $T(h^n)$ par leurs expressions, on a, quel que soit μ,

$$\sum_{\nu=\mu}^{\infty}\left(N\frac{1}{h}\cdot\frac{1}{h+1}\cdots\frac{\nu}{n+\nu} + N'\frac{1}{h^n}\cdot\frac{1}{h^n+1}\cdots\frac{\nu}{h^n+\nu} - N''\frac{1}{h^m}\cdot\frac{1}{h^m+1}\cdots\frac{\nu}{h^m+\nu}\right)p_{\nu+2} = 0.$$

Or, pour que cette série soit nulle, il faudrait que ses termes soient de signes contraires. Mais à partir d'une valeur suffisante de ν, ils sont tous positifs; l'hypothèse est alors absurde.

Reste à voir que, à partir d'une valeur de ν, tous les termes

$$N\frac{1}{h}\cdot\frac{1}{h+1}\cdots\frac{\nu}{h+\nu} + N'\frac{1}{h^n}\cdot\frac{1}{h^n+2}\cdots\frac{\nu}{h^n+\nu} - N''\frac{1}{h^m}\cdot\frac{1}{h^m+1}\cdots\frac{\nu}{h^m+}$$

sont positifs, les nombres $p_{\nu+2}$ l'étant comme l'on sait. Il faut montrer que

$$N + N' \frac{1}{h^{n-1}} \cdot \frac{h+1}{h^n+1} \cdots \frac{h+\nu}{h^n+\nu} - N'' \frac{1}{h^{m-1}} \cdot \frac{h+1}{h^m+1} \cdots \frac{h+\nu}{h^m+\nu}$$

est positif, ou, en divisant par N'',

$$\frac{N}{N''} + \frac{N'}{N''} \cdot \frac{1}{h^{n-1}} \cdot \frac{h+1}{h^n+1} \cdots \frac{h+\nu}{h^n+\nu} - \frac{1}{h^{m-1}} \cdot \frac{h+1}{h^m+1} \cdots \frac{h+\nu}{h^m+\nu};$$

mais le coefficient de $\frac{N'}{N''}$ et l'autre tendent vers zéro avec $\frac{1}{\nu}$ et la parenthèse est positive. Comme $N > 0$, on a

$$\frac{N'}{N''} = \frac{a_m}{a_n} < \frac{m}{n};$$

donc le terme en $\frac{N'}{N''}$ tend bien vers zéro.

Un raisonnement par l'absurde analogue permet de montrer que

$$C + \log \frac{r}{q},$$

r et q désignant des entiers positifs premiers entre eux, est incommensurable. Ainsi le nombre $D = C + \log 4$ de mon Mémoire des *Acta mathematica* (45, 1925, p. 293) est incommensurable. On écrira

$$C + \log \frac{r}{q} = \text{nombre comm.} - \log q \frac{k}{r} + T(k);$$

puis, en faisant

$$k = lr, \quad h = lq \quad (l \text{ entier quelconque supérieur à } 1),$$

$$C + \log \frac{r}{q} = \text{nombre comm.} - \log h + T\left(\frac{r}{q} h\right).$$

En remplaçant h par h^n,

$$C + \log \frac{r}{q} = \text{nombre comm.} - n \log h + T\left(\frac{r}{q} h^n\right),$$

où $h^n = l^n q^n$; alors

$$(n-1)\left(C + \log \frac{r}{q}\right) = \text{nombre comm.} + nT\left(\frac{r}{q} h\right) - T\left(\frac{r}{q} h^n\right).$$

Les quantités

$$nT\left(\frac{r}{q} h\right) - T\left(\frac{r}{q} h^n\right) = \beta_n$$

jouent alors le rôle des α_n.

On peut montrer ensuite que $S(h)$ et $T(h)$ sont incommensurables, h étant un entier positif quelconque.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à la théorie de l'arc chantant musical.* Note (1) de M. **André Blondel.**

Considérons le montage classique de Duddell (2). Nous nous proposons de déterminer l'amplitude des oscillations, en faisant intervenir la courbure de la caractéristique moyenne autour de laquelle se fait l'oscillation, et la capacité calorifique des électrodes.

1° *Courbure de la caractéristique.* — Cette caractéristique ayant dans sa zone d'utilisation une forme parabolique, nous écrirons l'expression de la tension aux bornes u, en fonction du courant dans l'arc i sous la forme

$$u = -hi + pi^2 + qi^3 + \ldots. \tag{1}$$

Nous nous bornerons aux trois premiers termes de la série, parce que les termes au delà du premier n'ont qu'une importance relativement faible. Le premier terme représente la résistance négative apparente de l'arc, le second tient compte de la courbure parabolique; il est nécessaire d'ajouter le troisième pour caractériser la dissymétrie de cette courbure par rapport à la verticale passant par le point régime moyen; on sait en effet par expérience que la caractéristique dynamique s'élève beaucoup plus rapidement à gauche du point central, dans le sens des intensités décroissantes, qu'à droite dans le sens des intensités croissantes.

2° *Effet de l'emmagasinement de la chaleur dans les électrodes pendant les oscillations.* — La résistance apparente de l'arc n'est pas la même quand l'oscillation va des intensités croissantes aux intensités décroissantes que dans le sens inverse; on sait que la caractéristique dynamique se transforme pendant les oscillations en une courbe fermée de forme analogue à une ellipse allongée; cette forme indique que l'oscillation principale établie suivant la caractéristique dynamique est composée d'une composante décalée de $\frac{\pi}{2}$; on sait d'autre part que le décalage est en retard et c'est pourquoi on lui a appliqué quelquefois le nom impropre d'« hystérésis de l'arc (3) ».

(1) Séance du 29 mars 1926.

(2) C'est-à-dire le cas où l'arc est musical et sans discontinuité; j'ai montré plus tard qu'il existe d'autres régimes fort différents (cf. *Journal de Physique*, 4, 1905, p. 604).

(3) Ce mot, bien que formé très correctement au point de vue étymologique, est devenu impropre pour l'arc par le fait qu'il est déjà employé en magnétisme pour définir un phénomène de retard sensiblement indépendant de la fréquence, tandis qu'ici le retard va en décroissant rapidement quand la fréquence augmente.

On peut l'expliquer par la faible conductibilité du carbone des électrodes; si l'on appelle I l'intensité absolue à un instant considéré, la quantité de chaleur consommée à la surface du cratère par unité de temps est proportionnelle à I^2 suivant la loi de Joule et à la résistance de l'arc. Quand le courant subit une petite variation i, cette chaleur varie proportionnellement à $2Ii$; pendant une variation de temps $t - t_0$, il y aura ainsi une accumulation de chaleur proportionnelle à

$$\int_{t_0}^{t} 2Ii\,dt. \tag{2}$$

Nous pouvons donc représenter l'effet de retard de l'arc dans les équations différentielles en ajoutant un terme analogue à celui qui représente l'effet d'une capacité, mais en remarquant qu'il est de signe contraire et qu'il faudra l'écrire par conséquent sous la forme

$$-\frac{1}{s}\int i\,dt \tag{3}$$

en désignant par s un coefficient ayant mêmes dimensions physiques qu'une capacité. En définitive, la différence de potentiel aux bornes de l'arc représentant la caractéristique statique et le retard pourront être représentés par l'équation

$$u = -hi + pi^2 + qi^3 + \ldots - \frac{1}{s}\int i\,dt \tag{4}$$

expression, qui, pour des oscillations très petites, se réduit à $-hi - \frac{1}{s}\int i\,dt$.

D'autre part, l'équation différentielle représentant le courant oscillant entre l'arc, la self-induction et le condensateur pourra s'écrire facilement, en désignant par R la résistance totale du circuit, L la self-induction, C la capacité; c'est l'équation classique

$$Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt + u = 0. \tag{5}$$

En la différentiant pour faire disparaître l'intégrale qui y figure, et en remplaçant u par son expression (4), on obtient

$$R\frac{di}{dt} + L\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C} + (-h + 2pi + 3qi^2 + \ldots)\frac{di}{dt} - \frac{i}{s} = 0; \tag{6}$$

ce que l'on peut écrire, en ordonnant les termes, sous la forme

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + (R - h + 2pi + 3qi^2)\frac{di}{dt} + \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{s}\right)i = 0. \tag{7}$$

Cherchons maintenant une solution de cette équation sous forme d'une série de Fourier; nous sommes en droit de supposer cette dernière assez rapidement convergente, parce que les courbes relevées expérimentalement à l'oscillographe montrent que l'oscillation du courant s'écarte peu de la forme sinusoïdale; en nous bornant donc aux trois premiers harmoniques, la forme générale sera

$$(8) \qquad i = A_1 \sin \omega t + A_2 \sin 2\omega t + A_3 \sin 3\omega t + B_2 \cos 2\omega t + B_3 \cos 3\omega t,$$

en prenant comme origine des phases l'origine de la phase de l'harmonique fondamental qui est arbitraire ($B_1 = 0$). On peut tout d'abord, pour simplifier, considérer comme première approximation le cas où l'on se borne à chercher le premier harmonique, en posant

$$(9) \qquad i = A_1 \sin \omega t.$$

On en déduit

$$(10) \qquad \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{s} - \omega^2 t\right) A_1 \sin \omega t + \omega A_1 \cos \omega t \times \left[R - h + 2pA_1 \sin \omega t + 3q\frac{A_1^2}{2}(1 - \cos 2\omega t)\right] = 0,$$

ou, en développant et en ne conservant que les termes en $\sin \omega t$ et en $\cos \omega t$:

$$(10\,bis) \qquad \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{s} - \omega^2 t\right) A_1 \sin \omega t + \omega A_1 \left(R - h + \frac{3}{4} q A_1^2\right) \cos \omega t = 0.$$

En égalant à zéro les coefficients des termes en $\sin \omega t$ et $\cos \omega t$ respectivement, on obtient des valeurs de la pulsation ω et de l'amplitude A_1

$$(13) \qquad \omega = \sqrt{\frac{1}{h}\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{s}\right)},$$

$$(14) \qquad A_1 = r\sqrt{\frac{h - R}{3q}}.$$

1° La fréquence dépend non seulement de la capacité électrostatique du condensateur, mais encore de la capacité calorifique s. Elle n'est pas modifiée par la résistance apparente du circuit $h - R$ qui est la différence de la résistance aux oscillations, $\left(h = \frac{u}{i}\right.$ quand on se borne au premier terme du développement en série, c'est-à-dire le coefficient angulaire de la tangente à la caractéristique$\left.\right)$, et de la résistance ohmique R du circuit.

2° D'autre part, l'amplitude A_1 est fonction du rapport $\frac{h-R}{q}$ et dépend donc essentiellement du coefficient du troisième terme de la série qui établit la dissymétrie de la caractéristique.

Quand on veut serrer le problème de plus près, il est bon d'utiliser la série des trois premiers harmoniques au moins; mais le problème devient trop compliqué pour permettre une solution rigoureuse : on admettra que les amplitudes $A_2 B_2 A_3 B_3$ des harmoniques sont faibles devant A_1 et leurs carrés négligeables devant A_1^2.

En développant i en série de Fourier, on obtiendra par l'équation (7) une série d'équations d'identifications; en admettant que les harmoniques de rangs supérieurs à 3 soient négligeables on peut obtenir les expressions corrigées

$$A'_1 \approx 2\sqrt{\frac{h-R}{3q}}\left[1+\frac{4}{27}\frac{p^n}{q}\frac{h-R}{\omega^2 L^2}+\ldots\right],$$

$$\omega' \approx \sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C}-\frac{1}{S}\right)-\frac{1}{L^2}\left[\frac{4}{9}\frac{p^2}{q}(h-R)+\frac{1}{8}(h-R)^2+\ldots\right]}.$$

La pulsation est ainsi un peu diminuée, mais l'amplitude accrue.

Ces expressions mettent en évidence le rôle essentiel joué par le quotient $\frac{h-R}{\omega L}$, le numérateur représente la résistance ohmique apparente du circuit oscillant comprenant l'arc, le dénominateur sa réactance ; p et q sont les termes du développement en série qui caractérisent les courbures de la caractéristique. On a en outre :

$$A_2 \approx \frac{4}{9}\frac{p}{q}\frac{h-R}{\omega L}; \qquad B_2 \approx \frac{8}{27}\frac{p}{q}\left(\frac{h-R}{\omega L}\right)^2;$$

$$A_3 = 0; \qquad B_3 \approx -\frac{h-R}{4\omega L}\sqrt{\frac{h-R}{3q}}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nitruration des aciers ordinaires et spéciaux.* Note de M. **Léon Guillet**.

L'industrie commence à utiliser un nouveau procédé de durcissement de certains aciers spéciaux. Basée sur une suite d'importantes recherches relatives d'une part au diagramme fer-azote, et d'autre part à l'action de l'ammoniaque sur les aciers ordinaires et spéciaux, recherches dues à M. A. Fry, cette méthode consiste essentiellement dans les opérations suivantes :

la pièce que l'on veut durcir superficiellement, est chauffée, entièrement achevée, dans un courant d'ammoniaque, à la température de 500 à 510°; au bout de quelque temps, on observe, avec certains aciers spéciaux, et avec ceux-là seulement, une couche extrêmement dure; cette couche peut atteindre, au bout de 4 jours, une épaisseur d'environ $\frac{8}{10}$ de millimètre. En pratique, on utilise surtout des aciers contenant de l'aluminium. Il est bien à noter que la pièce ne subit aucune trempe, que la dureté est obtenue par simple nitruration et qu'aucune rectification n'est faite après traitement. Les résultats industriels obtenus par ce procédé sont déjà fort intéressants.

Les recherches que j'ai poursuivies sur ce sujet ont essentiellement pour but de préciser le mécanisme de l'opération et l'influence de la composition du métal. Mes études ont porté sur un très grand nombre d'aciers ordinaires et d'aciers spéciaux, et je ne donnerai ici que les résultats les plus marquants. Tous ces essais ont été faits dans les mêmes conditions : température de l'opération : 500 à 510°; durée de l'opération : 60 heures.

Aciers ordinaires. — Les alliages de fer et de carbone — de même le fer électrolytique — se laissent pénétrer très facilement par l'ammoniaque. On observe la formation profonde d'aiguilles fines, déjà signalées comme étant un nitrure de fer; le métal devient extrêmement fragile, dans toute la masse, alors qu'apparaît une très faible augmentation de la dureté superficielle.

Aciers au nickel. — Dans aucun cas, la nitruration des aciers au nickel n'augmente nettement la dureté superficielle, que les aciers soient perlitiques, martensitiques ou à fer γ; on observe même parfois un abaissement de la dureté, cela dans des aciers qui, présentant avant l'opération de la martensite et de l'austenite, deviennent en surface entièrement austénitiques après nitruration. Dans les aciers perlitiques le phénomène est analogue à celui observé dans les aciers ordinaires.

Aciers au chrome. — Avec les aciers au chrome, l'augmentation de dureté est très nette pour les alliages à faible teneur en chrome (aciers perlitiques); dans les autres cas, on ne note aucune augmentation de dureté.

Aciers au manganèse. — Je n'ai pu opérer que sur un seul alliage renfermant 1 pour 100 de manganèse. Il a légèrement durci (dureté Brinell, passant de 211 à 272).

Aciers à l'aluminium. — Ici mes recherches n'ont porté que sur des types d'aciers à très haute teneur en aluminium. Le durcissement est très élevé, et le phénomène est très caractéristique : l'épaisseur de la couche nitrurée est très faible, de l'ordre de $\frac{4}{10}$ de millimètre.

D'ailleurs l'essai à la bille donne assurément des chiffres erronés; le pendule Herbert indique une dureté bien plus élevée que dans les aciers ordinaires cémentés et trempés.

Aciers au silicium. — Les deux essais exécutés montrent que le silicium donne une augmentation sensible de dureté par nitruration.

Aciers complexes. — Enfin ces recherches ont porté sur quelques aciers complexes dont les résultats sont donnés plus loin.

On note que les aciers chrome-nickel sont nettement durcis, tandis que les aciers chrome-tungstène (à coupe rapide) ne le sont point.

Enfin les aciers complexes à l'aluminium, ceux-là mêmes que l'on utilise dans les essais industriels en cours, donnent des résultats vraiment remarquables; l'essai Brinell, qui fournit certainement des chiffres trop faibles, accuse une dureté qui atteint 750.

Le tableau suivant reproduit les principaux résultats obtenus :

Teneur pour 100. — Aciers ordinaires.		Dureté au scléroscope après nitruration		Dureté à la bille après nitruration	
C.		au cœur.	en surface.	au cœur.	en surface.
0,10		14	16	106	111
0,35		16	21	134	165
0,90		28	32	180	226
Aciers au nickel.					
C.	Ni.				
0,21	1,97	14	17	112	121
0,20	4,20	19	17	122	156
0,23	7,59	20	22	135	149
0,21	9,79	24	26	113	174
0,22	12,29	28	31	201	215
0,23	15,04	33	34	201	231
0,23	20,01	28	29	209	208
0,23	25,06	14	13	109	95
0,80	2,20	28	29	186	204
0,78	4,90	28	29	207	227
0,81	7,09	29	31	213	207
1,05	9,79	31	34	219	237
0,76	12,27	32	35	220	227
0,80	15,04	47	46	319	276
0,80	20,01	38	29	283	206
0,79	25,06	18	15	140	124
0,81	29,96	14	15	110	112

Teneur pour 100.		Dureté au scléroscope après nitruration		Dureté à la bille après nitruration	
Aciers ordinaires.					
C.		au cœur.	en surface.	au cœur.	en surface.
Aciers au chrome.					
C.	Cr.				
0,06	1,20	12	42	88	210
0,07	7,80	18	18	124	124
0,14	13,60	18	18	139	138
0,97	0,90	30	44	203	270
0,96	11,50	24	20	171	172
Aciers au manganèse.					
C.	Mn.				
0,84	1,03	30	38	211	272
Aciers à l'aluminium.					
C.	Al.				
0,08	7,20	23	47	156	206 (¹)
0,66	7,00	30	45	185	253 (¹)
0,86	14,09	34	39	210	248 (¹)
Aciers au silicium.					
C.	Si.				
0,28	2,36	19	26	152	207
0,83	2,15	27	38	184	249

Teneur pour 100. Aciers complexes.						Dureté au scléroscope après nitruration		Dureté à la bille après nitruration	
C.	Ni.	Cr.	Si.	Mn.	W.	au cœur.	en surface.	au cœur.	en surface.
0,12	3,2	0,7	»	»	»	17	36	134	198
0,25	3,2	0,7	»	»	»	24	48	179	300
0,30	3,5	1,8	»	»	»	27	62	260	349
0,40	»	»	1,7	0,6	»	21	31	183	226
0,60	»	5	»	»	18	27	31	205	209
Acier à l'aluminium						32	88 à 110	213	387 (¹)

Conclusions. — En résumé, le nouveau procédé de durcissement de l'acier par nitruration présente in intérêt remarquable; mais il s'applique seulement à quelques aciers spéciaux, et les longues recherches que nous avons entreprises à ce sujet nous permettent d'indiquer parmi les corps déjà étudiés, que seuls le chrome, le silicium, le molybdène et l'aluminium permettent d'obtenir une grande augmentation de dureté superficielle.

(¹) Chiffres beaucoup trop bas par suite d'une épaisseur très faible de la couche nitrurée. On a pu, avec de faibles pressions, atteindre, pour l'acier à l'aluminium, 750.

Cette dureté est obtenue avec des aciers contenant un ou plusieurs éléments qui diminuent la diffusion de l'azote — très rapide dans les aciers ordinaires — et cela par suite de formation d'un azoture de fer et des éléments volontairement ajoutés.

Je poursuis d'ailleurs ces essais pour étudier plus complètement ce phénomène, particulièrement intéressant du point de vue théorique et du point de vue industriel, et communiquerai incessamment les résultats obtenus avec d'autres aciers spéciaux, notamment ceux au tungstène, au molybdène, au vanadium, au titane et au cobalt.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur le pouvoir fixateur des terres.* Note de M. **Winogradsky.**

Les nombreuses expériences exécutées dans le courant des 25 ans écoulés ont mis hors de doute le fait de la fixation de l'azote dans les cultures d'*Azotobacter*, tant brutes que pures, mais elles n'ont établi aucune base pouvant servir à une étude comparée du processus. Celui-ci ne pouvant s'accomplir, comme on le sait depuis les premières recherches sur les microbes fixateurs (¹), qu'aux dépens du carbone assimilable, la question se pose de savoir, d'un côté, quel est son *rendement*, soit le rapport de l'azote fixé au carbone dépensé, d'un autre, quelle est son *énergie*, ou le temps nécessaire à la consommation d'une dose déterminée de matière hydrocarbonée.

Serait-il possible d'établir un processus *normal* qui fournirait une mesure du rendement et de l'énergie, et qui servirait d'étalon à des expériences comparées sur le pouvoir fixateur des terres, soit de leur *appareil microbien* spécifique?

Rien n'a encore été fait dans cette direction. Le rendement s'est montré bien variable dans les conditions des expériences antérieures, qui se faisaient presque exclusivement dans le milieu liquide, défavorable aux fixateurs aérobies, et quant à l'énergie, elle n'a fait objet d'aucune recherche.

Pour entreprendre cette étude, il s'agissait avant tout de fixer les conditions *normales* ou optima, dans lesquelles le processus pourrait marcher, sans entrave aucune, en atteignant régulièrement son plein développement.

Ces conditions, nous croyons les avoir réalisées en semant 1^{g},00 de terre

(¹) Winogradsky, *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 1385; **118**, 1894, p. 353.

fine en nature — prélevé sur un échantillon bien représentatif — sur la surface d'une plaque de silico-gel nutritif, préparée d'après le procédé décrit dans notre Note du 2 mars 1925 [1].

On remarquera que la méthode tend à se rapprocher des conditions naturelles, en évitant les cultures pures, souvent affaiblies ou dégénérées, et en faisant travailler l'ensemble des microbes spécifiques d'une terre sur un milieu électif.

Dans le choix des échantillons de terres, on a été guidé par l'idée de les avoir de provenances très diverses, ce qui est toujours indiqué quand il s'agit d'un phénomène microbien général, ou mondial.

On a expérimenté avec une trentaine d'échantillons de terres provenant de France, d'Algérie, de la Pologne, de la Serbie, des régions tropicales (Cuba, Costa-Ricca). Leur origine est notée au milieu des colonnes du tableau. Six groupes d'expériences avec autant d'échantillons dépourvus de germes d'*Azotobacter*, qui n'ont donné qu'un gain insignifiant, de l'ordre de celui de l'expérience X (Belgrade), ont été omis dans le tableau.

Toutes les plaques qui ont exercé une fixation notable ont porté des colonies d'*Azotobacter*, que l'on dénombrait, ou dont on évaluait approximativement la densité. Plusieurs échantillons ont donné lieu, à partir du quatrième jour d'étuve, à une pullulation plus ou moins abondante de *Clostridium*, qui se propageait au sein même des flaques de mucus d'*Azotobacter*; elle se manifestait par des bulles de gaz qui, tantôt ne formaient que des îlots, tantôt s'étendaient sur une partie, ou bien sur toute la plaque. Hormis ces deux groupes de microbes, fixateurs aérobies et anaérobies, les terres n'ont fait paraître sur les plaques que de toutes petites colonies de microbes, dites *oligonitrophiles*, lesquelles n'y exercent aucun rôle appréciable, étant dépourvues de la faculté de fixer l'azote, ou ne la possédant qu'à un degré insignifiant et douteux.

Pour l'analyse, le gel séché à douce chaleur est introduit intégralement dans le ballon Kjeldahl; s'il y a des traînées de mucus sec adhérant au verre, elles sont détachées au moyen de morceaux de pierre-ponce, et la poudre formée jetée dans le même ballon.

En examinant le tableau par groupes d'expériences, on voit que les résultats s'accordent dans les limites des groupes aussi parfaitement qu'on peut le désirer pour des expériences biologiques.

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 711.

Numéro d'ordre.	Mannite (dose en gr.).	Jours d'étuve à 30°.	Azote (gain net en milligr.).	Rendement pour 1g en milligr.
		I. *Brie* (témoin).		
1.....	2,00	4	11,56	—
2.....	»	5	19,39	9,69
3.....	»	6	19,97	9,86
4.....	»	7	20,90	10,45
5.....	1,00	9	10,39	10,39
6.....	2,00	10	19,97	9,86
		II. *Brie* (espalier).		
1.....	2,00	4	13,49	—
2.....	»	5	20,32	10,16
3.....	»	6	20,10	10,05
4.....	»	7	20,74	10,37
5.....	1,00	9	10,00	10,00
		III. *El-Hadjar* (Algérie).		
1.....	2,00	5	15,41	—
2.....	»	6	19,50	9,75
3.....	»	7	20,51	10,25
4.....	»	8	20,85	10,42
5.....	»	10	19,78	9,89
		IV. *Pilaskow* (Pologne).		
1.....	2,00	7	20,93	10,46
2.....	»	7	20,66	10,33
3.....	»	7	20,31	10,25
		V. *Cuba*.		
1.....	2,00	8	20,32	10,16
2.....	»	9	21,25	10,62
3.....	»	9	20,51	10,25
4.....	»	9	20,76	10,38
		Costa-Rica.		
5.....	2,00	10	22,10	11,05

Numéro d'ordre.	Mannite (dose en gr.).	Jours d'étuve à 30°.	Azote (gain net en milligr.).	Rendement pour 1g en milligr.
		VI. *El-Hadjar* (Algérie).		
		Échantillon I.		
1.....	2,00	10	18,55	9,27
2.....	2,50	10	23,33	9,33
		Échantillon II.		
1.....	2,00	10	20,76	10,38
2.....	2,50	10	24,59	9,84
		Échantillon III.		
1.....	2,00	10	19,75	9,87
2.....	2,50	10	27,64	11,05
		VII. *Pré* (vallée de l'Yerres).		
1.....	2,00	6	18,96	9,48
2.....	»	6	19,24	9,62
3.....	»	7	19,24	9,62
4.....	»	7	19,36	9,68
		VIII. *Saint-Vincent* (Algérie).		
1.....	2,00	5	16,50	—
2.....	»	5	18,05	9,02
3.....	»	7	18,80	9,40
4.....	»	10	18,87	9,43
		IX. *Brie* (ferme).		
		Échantillon I.		
1.....	2,00	7	17,83	8,91
2.....	»	7	17,83	8,91
		Échantillon II.		
1.....	»	7	18,00	9,00
2.....	»	7	17,56	8,78
3.....	»	7	16,87	8,43
		X. *Zemoun* (Serbie).		
1.....	2,00	10	21,62	10,81
		Belgrade.		
1.....	»	10	0,38	»

Nature des pullulations. — I. Azotobacter, colonies, nombre maximum. Clostridium sur 1/2 à 2/3 de la surface. — II. Azotobacter, en moyenne 2350 colonies. Pas de Clostridium. — III. Azotobacter, densité moindre. Clostridium sur la moitié de la surface. — IV. Azotobacter, nombre maximum. Pas de Clostridium. — V. *Cuba :* Azotobacter, une douzaine de colonies. Riche pullulation d'anaérobies. — *Costa-Ricca :* Azotobacter, 25 colonies. Riche pullulation des Clostridium. — VI. Azotobacter, quelques centaines de colonies par plaque. Clostridium sur 1/3-1/2 de la surface. — VII. Azotobacter, un millier de colonies par plaque. Clostridium sur 1/5 de la surface. — VIII. Azotobacter, quelques centaines de colonies. Clostridium ? — IX. Azotobacter, quelques centaines de colonies. Pas d'anaérobies. — X. *Zemoun :* Azotobacter, maximum de colonies. Pas d'anaérobies. — *Belgrade :* Néant. Petites colonies des oligonitrophiles.

Le fait est d'autant plus digne d'attention, qu'il a été obtenu en dehors de toute culture pure, en se servant simplement d'un groupe d'agents microbiens pris, sans choix aucun, immédiatement dans leur milieu naturel.

Quant au *rendement*, on voit qu'il n'a varié qu'entre 9 et 11^{mmg} pour 1^{g} de mannite. Il se rapproche donc sensiblement de 10^{mmg}, en dépassant légèrement ce chiffre. C'est justement ce rendement qui s'est montré constant pour les terres des groupes I, II, IV que nous considérons comme type de *terres actives*, la terre *Brie espalier* (II) en première ligne. En se basant sur ces données, on *pourrait admettre comme gain normal le taux de* 1 *pour* 100 *de mannite consommée, soit* 1 : 40 *du carbone assimilé.*

Ce taux ne paraît pas dépendre de la dose de substance énergétique, comme on l'a prétendu. Au moins est-il resté constant aux doses employées, allant de $0^{g},5$ à $2^{g},5$ (voir I, II, VI).

Pour consommer 2^{g} de mannite, quatre jours d'étuve à 30° se sont montrés insuffisants. Dans ce délai le processus n'est pas arrivé à sa fin même avec les terres les plus actives (voir I et II). C'est 5 jours qu'il a fallu à la terre *Brie espalier* (II), pour venir à bout de la dose de 2^{g}. La terre *Brie témoin* (I) est légèrement en arrière. Les terres *Saint-Vincent* (VIII) et *El-Hadjar* (III) sont encore plus distancées, n'ayant fixé au bout de ce délai que 75-80 pour 100 du rendement final. Mais en 7 jours le processus est terminé partout, même avec les terres les moins actives. Il s'ensuit qu'il serait indiqué, pour comparer les terres d'activité différente, de prendre pour étalon le *minimum de durée* qui correspondrait au *maximum d'énergie*. Ce minimum il y aurait lieu de le fixer à 5 jours.

Un appareil microbien fixateur de première force consommera donc, dans ces conditions convenues comme normales, 2^{g} *de mannite en* 120 *heures en fixant* 20^{mg} *d'azote gazeux.*

Comme on le voit d'après ce bref résumé de nos longues expériences, la méthode est susceptible d'être employée pour les expériences de comparaison du pouvoir fixateur des terres, si pratiquées dans les laboratoires de microbiologie agricole, au lieu de la méthode très imparfaite actuellement en usage.

Remarquons pour finir que les expériences de fixation, seules, ne suffisent pas pour caractériser l'activité fixatrice des terres. D'autres épreuves sont encore nécessaires pour en avoir une caractéristique complète. Elles feront le sujet d'une prochaine Communication.

ZOOLOGIE. — *La famille des Sarcosporidies. Son étendue. Ses affinités.* Note (¹) de M. Paul Vuillemin.

Les zoologistes sont loin d'être d'accord sur les affinités de la famille des Sarcosporidies fondée en 1883 par Balbiani.

Deux genres renfermant des parasites de l'homme furent rattachés aux Chytridinées, le genre *Sarcocystis* par Kühn en 1865, le genre *Rhinosporidium* par Asworth en 1923. Sous le nom de Chytridinées on confondait d'abord des Champignons et des Protozoaires. Les Zoochytridinées qui seules pouvaient être mises en cause ont des zoospores et des plasmodes inconnus chez les Sarcosporidies.

Les Chytridinées écartées, les Sarcosporidies restent parmi les Sporozoaires conformément aux vues de Balbiani. Cependant le genre *Rhinosporidium* fut détaché des Sarcosporidies et placé dans la famille des Haplosporidies définie en 1905 par MM. Caullery et Mesnil. Cette attribution soutient difficilement l'examen. M. Guiart (1910) observe que, contrairement aux autres Haplosporidies, les spores de *Rhinosporidium* renferment des sporozoïtes. M. Neveu-Lemaire (1921) juge opportun de créer une famille des Rhinosporididés.

Toutes ces controverses partent d'une méprise. On a appelé sporogonie chez les *Sarcocystis* et les *Rhinosporidium* ce que l'on nommait schizogonie chez les Coccidies, les Hémosporidies et autres Sporozoaires.

Cette confusion a été favorisée par l'impropriété des termes usités pour désigner les stades de l'ontogénie des Sporozoaires. De par l'étymologie, les mots gamétogonie, sporogonie, schizogonie impliquent trois sortes de reproduction chez un même animal, reproduction sexuelle, reproduction par spores, reproduction par division. La partition cellulaire est un phénomène général de croissance. La séparation de ses produits ne donne pas de nouveaux animaux, mais des fractions d'animal, des mérozoïtes. La sporulation est un cas particulier dans lequel la migration des mérozoïtes est assurée passivement par la protection de la membrane ou activement par l'agilité des sporozoïtes. C'est un moyen de propagation, non de reproduction.

Ce qui est commun aux trois stades, ce n'est pas la reproduction (gonie); c'est la disjonction (schizie). Ce qui distingue le premier des deux autres,

(¹) Séance du 7 avril 1926.

c'est un caractère cytologique. D'après le nombre des chromosomes, les cellules sont doubles (diploïdes) dans ceux-ci par rapport aux cellules simples (haploïdes) de celui-là. Ce qu'on appelait gamétogonie est une *haploschizie;* ce qu'on appelait sporogonie et schizogonie est une *diploschizie* dont la sporulation est le premier acte.

Ces points préliminaires éclaircis, on s'aperçoit que la prétendue sporogonie des Sarcosporidies répond au second acte de la diploschizie (vulgairement appelé schizogonie) des Coccidies et des Hémosporidies. Elle offre une trompeuse analogie avec la sporulation des Coccidies. Au début du parasitisme une cellule forme un kyste de premier ordre; ses produits de partition des kystes de second ordre renfermant des mérozoïtes que l'on a pris respectivement pour des sporocystes de premier et de second ordre et des sporozoïtes.

La sporulation des *Sarcocystis* n'a pas été observée. Des indices suffisants prouvent qu'elle s'accomplit à la suite de l'haploschizie et de la fécondation comme chez les Coccidies hors des tissus de l'hôte, soit dans l'intestin, soit à l'extérieur où les éléments reproducteurs, rejetés avec les matières fécales, ont donné des formes résistantes. M. L. Nègre transmet le *Sarcocystis muris* à des Souris en leur faisant avaler des crottes provenant de leurs congénères infestés et conservées un mois à sec ou chauffées pendant un quart d'heure à 65°. Des sporocystes résistants s'étaient donc développés en dehors du parasitisme.

Le stade parasite des *Sarcocystis* aboutit comme celui des Hémosporidies, à d'ultimes mérozoïtes dont l'aspect n'est pas éloigné de celui des corps en croissant des *Laverania*. Ce sont également des cellules reproductrices encore diploïdes dont la partition donne les premiers éléments haphoïdes d'un animal de nouvelle génération. Ces éléments reproducteurs répondent au zeugite défini par Raciborski. Le zeugite est l'inverse du zygote qui substitue la structure diploïde à la structure haploïde en complétant l'animal par la combinaison des produits paternels et des produits maternels apportés séparément par les gamètes issus de l'haploschizie.

Tout animal ou végétal débute par un stade haploïde. Les Protozoaires se distinguent par la séparation de toutes les cellules ou de la plupart, tandis que la cohérence des produits de partition se maintient chez les autres animaux et la majorité des végétaux à l'exception des mérozoïtes de la lymphe et du sang et de divers éléments affectés à la propagation ou à la reproduction. L'haploschizie et la diploschizie ne sont donc pas spéciales

aux Protozoaires; elles y sont seulement plus fréquentes que la cohérence des produits de partition.

Les zeugites du *Rhinosporidium Seeberi* sont de petites boules ne dépassant pas 1^{mm}. Asworth (1923) veut y voir des réserves protéiques. Il apporte pourtant un argument favorable à leur rôle reproducteur, car il a constaté leur libération dans le mucus nasal. Aucune raison ne s'oppose à l'assimilation des formes qui se succèdent au cours du parasitisme dans ce genre avec le second acte de la diploschizie des *Sarcocystis*.

Nous concluons au rétablissement de la famille des Sarcosporidies dans ses anciennes limites. Elle ne s'écarte pas plus des autres familles de Sporozoaires que celles-ci ne diffèrent entre elles.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 34 suffrages exprimés, M. **Fernand Widal** est réélu Membre de la *Commission supérieure des maladies professionnelles*.

CORRESPONDANCE.

M. **Émile Forgue**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Livre jubilaire offert au professeur Thomas Jonnesco *à l'occasion de sa trentième année d'enseignement. Sa vie, son œuvre.* (Présenté par M. Bazy.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation des surfaces tétraédrales, avec conservation d'un réseau conjugué et rigidité d'une asymptotique.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. M. Tzitzéica, dans un Mémoire d'une rare élégance inséré aux *Annales de l'Académie Roumaine*, tome 38 des *Mémoires de la Section scienti-*

fique, 1916, p. 241-259, a montré que toute surface tétraédrale d'équation

$$\alpha x^{\frac{2}{3}} + \beta y^{\frac{2}{3}} + \gamma z^{\frac{2}{3}} = 1,$$

admet ∞^1 représentations paramétriques de la forme

$$(1)\quad x = \mathrm{A}(\lambda + a)^{\frac{3}{2}}(\mu + a)^{\frac{3}{2}}, \qquad y = \mathrm{B}(\lambda + b)^{\frac{3}{2}}(\mu + b)^{\frac{3}{2}}, \qquad z = \mathrm{C}(\lambda + c)^{\frac{3}{2}}(\mu + c)^{\frac{3}{2}},$$

où A, B, C, a, b, c sont des constantes, λ et μ des paramètres curvilignes. Le système (λ, μ) est conjugué, admet pour enveloppe commune aux lignes λ et μ constantes, la cubique gauche $\lambda = \mu$. Les équations

$$(2)\qquad \mathrm{A}^2 a^i + \mathrm{B}^2 b^i + \mathrm{C}^2 c^i = \mathrm{A}_1^2 a_1^i + \mathrm{B}_1^2 b_1^i + \mathrm{C}_1^2 c_1^i, \qquad (i = 0, 1, 2, 3, 4),$$

au nombre de cinq entre six inconnues A_1, B_1, C_1, a_1, b_1, c_1 déterminent ces six inconnues au moyen d'une arbitraire et la surface tétraédrale définie par les équations (1) où A, ..., c sont remplacées par A_1, ..., c_1 est applicable sur la première surface, les points homologues ayant mêmes coordonnées λ, μ; l'asymptotique $\lambda = \mu$ est restée égale à elle-même et le réseau (λ, μ) conjugué. Remplaçant l'asymptotique choisie par une autre, chaque surface (α, β, γ) livre ∞^2 déformées tétraédrales $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$; pour deux surfaces applicables, l'expression

$$(3)\qquad \frac{1}{m^3} = \frac{(\alpha^6 + \beta^6 + \gamma^6 - 2\beta^3\gamma^3 - 2\gamma^3\alpha^3 - 2\alpha^3\beta^3)^2}{\alpha^3\beta^3\gamma^3} = \frac{\mathrm{D}^2}{\alpha^3\beta^3\gamma^3},$$

conserve la même valeur. Pour D non nul, le ds^2 de la surface est réductible à la forme

$$(4)\qquad ds^2 = \frac{9}{4}[u\,du^2 + 2m\,du\,dv + v\,dv^2].$$

et pour D = 0 à la forme

$$(5)\qquad ds^2 = v\,du^2 + 2u\,du\,dv + dv^2.$$

Dans chaque cas $x^{\frac{2}{3}}$, $y^{\frac{2}{3}}$, $z^{\frac{2}{3}}$ sont des fonctions *linéaires* des paramètres (u, v) du ds^2 réduit. Le type (5) rentre dans un type découvert par Weingarten, pour lequel l'équation de Monge-Ampère de la déformation est complètement intégrable par quadratures.

2. J'ai apporté aux résultats rappelés quelques compléments importants :

1° Dans les équations (2), si C_1 tend vers zéro et si c_1 augmente indéfiniment de sorte que $\mathrm{C}_1 c_1^2$ tende vers une limite finie, on obtient *une* surface parabolo-tétraédrale

$$z = \frac{3}{2}\left(p x^{\frac{2}{3}} + q y^{\frac{2}{3}}\right)$$

applicable sur la surface primitive, tout au moins si $D \neq 0$. En faisant varier l'asymptotique, on a ainsi ∞^1 surfaces parabolo-tétraèdrales. Or si $pq = m$, il suffit d'écrire

$$(6) \qquad x = (u - p^2)^{\frac{3}{2}}, \qquad y = (v - q^2)^{\frac{3}{2}}, \qquad z = \frac{3}{2}[p(u - p^2) + q(v - q^2)],$$

pour avoir une représentation paramétrique de cette surface parabolique et le ds^2 réduit (4).

2° Si $D > 0$, la réduction au type (4) donne u, v *réels* pour chaque point réel de la surface; si $D < 0$, u et v sont *imaginaires conjugués* pour chaque point réel; on peut ainsi réaliser des surfaces de même ds^2 tel qu'à chaque point réel de l'une corresponde un point imaginaire de l'autre. J'ai fait le calcul explicite de u et v.

3° Ce calcul montre que la surface tétraédrale étant réduite au huitième situé dans le trièdre où x, y, z sont positifs, ce morceau Σ admet *six* auto-applications; il admet un pôle Ω d'où rayonnent *trois* géodésiques exceptionnelles le divisant en 6 secteurs, d'angle 60° en Ω, tels que deux secteurs contigus s'échangent par une application où leur frontière commune reste invariante; pour $\alpha = \beta = \gamma$ ces applications se réduisent à des symétries; mais pour $\alpha \neq \beta \neq \gamma$, ce sont effectivement des déformations.

4° Chaque surface admet 36 droites, dont 8 au plus sont réelles; pour chaque droite il y a une déformation limite du type indiqué plus haut, le réseau conjugué permanent est alors le réseau conjugué déterminé par les plans pivotant autour de Oz, par exemple, et les sections horizontales; ce réseau se trouve ici être *doublement conjugué* au sens de M. G. Kœnigs. Les ∞^2 surfaces de même ds^2 donnent ainsi ∞^1 géodésiques rectilignes dont l'image sur le plan ωuv du ds^2 réduit (4) ou (5), est une droite qui, pour (4), enveloppe une courbe à trois rebroussements de degré 4, classe 3, tritangente à la conique fondamentale $uv - m^2 = 0$ et pour (5) une parabole $u^2 + 8v = 0$ tangente à la parabole fondamentale $u^2 - v = 0$.

5° L'étude de ces géodésiques particulières fournit le résultat suivant, d'une belle élégance géométrique. Je me borne au type (4) et $D < 0$. Je pose $u = u' + iv'$, $v = u' - iv'$ de sorte que la conique fondamentale soit le cercle (C) $u'^2 + v'^2 - m^2 = 0$; j'inscris un triangle *pqr arbitraire* dans le cercle; soit ϖ une parabole inscrite dans pqr et les ∞^1 triangles t inscrits dans (C), circonscrits à ϖ; en remplaçant ϖ par toutes les paraboles du faisceau tangentiel inscrit dans pqr, on obtient finalement ∞^2 triangles t qui sont les images sur le plan $\omega u'v'$ de nos ∞^2 surfaces tétraédrales; la région commune à deux triangles indique par quelles portions les surfaces se

recouvrent; si les deux triangles ne se recouvrent pas, les surfaces n'ont pas de portion réelle se correspondant. Dans le cas $D > 0$, même construction avec l'hyperbole $(H)\, uv - m^2 = 0$; dans le cas $D = 0$, même construction avec la parabole $(P)\, v - u^2 = 0$.

6° Enfin toutes les surfaces, tétraédrales ou non, ayant le ds^2 (4) ou (5) sont obligées d'avoir soit une ligne d'arrêt, asymptotique singulière, soit une arête de rebroussement, asymptotique singulière. Pour $D < 0$, par exemple, une telle surface ne peut représenter qu'un polygone rectiligne ou curviligne inscrit dans le cercle fondamental C et la surface représente $6p$ fois ce polygone (pour les surfaces tétraédrales, $p = 8$).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Denjoy.* Note [1] de M. **Miécislas Biernacki**, transmise par M. Émile Borel.

Dès 1907 M. Denjoy a signalé [2], avec beaucoup d'intuition, comme vraisemblable la proposition suivante : Une fonction entière d'ordre fini ρ a 2ρ valeurs asymptotiques finies au plus; il a démontré cette proposition dans le cas où les chemins de détermination sont des droites ou des spirales logarithmiques.

J'ai établi ce théorème dans un cas particulier : *Les angles que font les tangentes aux chemins de détermination avec les rayons vecteurs joignant les points de contact à l'origine tendent vers zéro lorsqu'on s'éloigne indéfiniment sur ces chemins.* La démonstration repose sur les lemmes suivants :

Lemme I. — Si l'on a

$$a_1 \leqq a_2 \leqq \ldots \leqq a_n; \qquad b_1 \geqq b_2 \geqq \ldots \geqq b_n,$$

on a aussi

$$\sum_{i=1}^{n} a_i b_i \leqq \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} a_i \sum_{i=1}^{n} b_i.$$

Lemme II. — Soient A un angle, D un domaine s'étendant à l'infini, limité par un seul contour $\mathfrak{L}$ que nous supposons passant par l'origine O', ayant le caractère régulier analytique en ce qui concerne les points à distance finie tandis que le point à l'infini est un point « accessible » dans D. Soit $u = \varphi(z)$ une fonction qui transforme conformément A en D, les points à l'infini étant correspondants ainsi que le sommet O de l'angle A et l'origine O'. Si

(1) Séance du 7 avril 1926.

(2) *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 106.

l'angle que fait la tangente en un point de $\mathfrak{L}$ avec le rayon vecteur ne dépasse pas $\frac{\pi}{2} - \delta (\delta > 0)$, cette propriété appartient aussi à l'image d'une droite quelconque passant par le sommet O de l'angle A.

Lemme III. — En conservant les notations du lemme précédent, appelons A′ un angle intérieur à A. Soient z_1 et z_2 les affixes des deux points de A′ tels que $|z_1| = |z_2| = R$. Si $R > R_0$ (R_0 dépend de la transformation considérée) $\left|\frac{\varphi(z_1)}{\varphi(z_2)}\right|$ ne dépasse pas un nombre qui ne dépend que de A et de A′. Réciproquement, $\psi(u)$ désignant la fonction inverse de $\varphi(z)$, si $|u_1| = |u_2|$, $\left|\frac{\psi(u_1)}{\psi(u_2)}\right|$ ne dépasse pas un nombre qui ne dépend que de A et de δ. [Pour établir la première partie du lemme j'utilise une proposition intéressante due à M. Rolf Nevanlinna (1).] Voici maintenant l'esquisse de la démonstration : soient $D_1, D_2, \ldots, D_n$ les domaines limités par les chemins $L_1, L_2, \ldots, L_n$, $u = \varphi_i(z)$ la fonction qui représente conformément D_i sur le plan des z découpé suivant l'axe réel négatif.

Considérons dans ce plan des cercles C : $|z| = \text{const.}$ et appelons θ_i la variation de l'argument de $\varphi_i(z)$ le long de C ; en posant

$$z = r e^{i\theta}, \qquad x = \log r \qquad \text{et} \qquad \omega_i = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} \log|\varphi_i(z)|\,d\theta,$$

on a

$$\frac{d\omega_i}{dx} = \frac{\theta_i}{2\pi}.$$

Envisageons dans le plan des z les cercles $C_1, C_2, \ldots, C_n$ de rayons $r_1, r_2, \ldots, r_n$, et tels que

$$\omega_1 = \omega_2 = \ldots = \omega_n = \omega.$$

En posant $x_i = \log r_i$, on aura

$$d\omega = \frac{\theta_i\,dx_i}{2\pi} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

En introduisant la variable $X = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ et en appliquant le lemme I, il vient

$$d\omega \leqq \frac{1}{2\pi n}\sum_{i=1}^{n} \theta_i\,dX.$$

---

(1) *Översikt av Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar*, 63 A, f. 6, 1920-1921, p. 18.

Il résulte d'autre part de l'hypothèse de début et de la première partie du lemme III que $\sum_{i=1}^{n} \theta_i < 2\pi + \varepsilon_1$ (je désigne par ε_k les quantités qui peuvent être rendues arbitrairement petites); on a donc

$$\frac{d\omega}{dX} \leqq \frac{1}{n}(1+\varepsilon_2), \qquad \text{d'où, en intégrant,} \qquad \omega < \frac{1}{n}(1+\varepsilon_3)\,X.$$

On en déduit l'existence d'un domaine D_j et d'une suite de points M_k s'éloignant indéfiniment dans le plan des z, où l'on a

$$|\varphi_j(z)| < |z|^{\frac{1}{n}(1+\varepsilon_3)}.$$

Il résulte de la deuxième partie du lemme III qu'il est possible de mener par ces points M_k des courbes S_k reliant les deux côtés de la coupure constituée par l'axe réel négatif, s'éloignant indéfiniment (lorsque k augmente indéfiniment), et telles que l'on a tout le long de ces courbes

$$|\varphi_j(z)| < |z|^{\frac{1}{n}(1+\varepsilon_4)}.$$

Soit $F(u)$ la fonction entière proposée, d'ordre ρ; la fonction $F[\varphi_j(z)]$ sera bornée des deux côtés de la coupure rectiligne (sans l'être partout) et l'on aura sur les courbes S_k

$$|F[\varphi_j(z)]| < e^{|z|^{\frac{\rho}{n}(1+\varepsilon_5)}}.$$

L'hypothèse $n > 2\rho$ est inadmissible, car elle serait en contradiction avec le théorème classique de Phragmén-Lindelöf [1].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation d'un théorème de Schwarz.* Note [2] de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Le théorème que je vais généraliser est le suivant : *Soit $f(z)$ holomorphe à l'intérieur d'un cercle C et telle que toutes ses valeurs sont dans C. Si α est une racine, intérieure à C, de l'équation $f(z) = z$, α' l'image de α par rapport à C, alors pour chaque z intérieur à C le point $z_1 = f(z)$ se trouve intérieur à*

---

(1) *Acta mathematica*, 31, 1908, p. 387-389.

(2) Séance du 7 avril 1926.

la circonférence $\gamma(z)$ passant par z et par rapport à laquelle α' est l'image de α, ou bien z_1, est sur $\gamma(z)$, ce dernier cas ne pouvant se présenter que pour les fonctions linéaires $\frac{az+b}{cz+d}$.

Pour le généraliser j'admets que l'équation $f(z)$ n'a pas de racine à l'intérieur de C.

Le développement qui suivra a son origine dans la lecture d'une belle démonstration que M. Denjoy vient de donner (*Comptes rendus*, 25 janvier 1926) d'un théorème sur l'itération de telles fonctions que j'avais démontré (*Comptes rendus*, 18 janvier 1926). La démonstration de ce théorème se simplifiera; par exemple pourrons-nous éviter l'emploi du théorème de Fatou, nous ne ferons usage que du théorème de Schwarz ci-dessus, et en même temps nous en gagnerons la généralisation.

Considérons la fonction $z_1(n) = \left(1 - \frac{1}{n}\right)f(z)$. Puisque

$$|z_1(n)| < \left(1 - \frac{1}{n}\right)R,$$

où R est le rayon de C, l'équation $z_1(n) = z$ possède une racine α_n, et une seule, intérieure à C. Pour $n \to \infty$ le point α_n ne peut avoir de limite α intérieure à C, car on aurait une suite (n), pour laquelle

$$\left(1 - \frac{1}{n}\right)f(\alpha_n) = \alpha_n \to f(\alpha) = \alpha,$$

contrairement à l'hypothèse $f(z) \neq z$.

Soit donc α un point limite de α_n sur C et soit z un point arbitraire intérieur à C. Le point $z_1(n)$ est à l'intérieur de (ou sur) la circonférence $\gamma_n(z)$ passant par z et par rapport à laquelle α_n a la même image α'_n que par rapport à C. Si n parcourt la suite des valeurs qui font tendre α_n vers α, le cercle $\gamma_n(z)$ tend vers le cercle $\gamma(z)$ passant par z et tangent à C en α. Or, $z_1 = f(z)$ étant la limite de $z_1(n)$, le point z_1 ne peut pas être extérieur à $\gamma(z)$. Posons $z_2 = f(z_1)$, ... $z_{k+1} = f(z_k)$, alors l'ensemble limite de z_k ne dépend pas de z (*Comptes rendus* 4 janvier 1926). La conclusion est immédiate : α est la limite unique des itérés de tout point de l'intérieur de C : c'est le théorème en question sur l'itération (*Comptes rendus* 18 janvier 1926). En même temps nous avons établi l'existence d'un point α et d'un seul, ayant la propriété que tous les cercles tangents à C en α se contractent par la transformation $z_1 = f(z)$; α est la limite unique de α_n pour $n \to \infty$.

Le raisonnement ci-dessus nous laisse un doute sur la question : si $z_1 = f(z)$ est sur $\gamma(y)$, est-ce que $f(z)$ est linéaire $\frac{az+b}{cz+d}$? Cependant la réponse est affirmative, ce qui rend la généralisation du théorème de Schwarz plus précise. En effet, représentons C sur le demi-plan D $(x > 0)$ par une transformation linéaire $\frac{az+b}{cz+d}$, tel que α corresponde au point à l'infini. Alors $\gamma(z)$ est la droite menée par z parallèle à l'axe des y. Or, supposons que D contienne un point β tel que $\beta_1 = \Phi(\beta)$ soit sur $\gamma(\beta)$, Φ étant la fonction transformée de f. Posons $\beta_1 = \beta + ih$, alors la fonction $\Phi(z) - ih$ est holomorphe dans D, toutes ses valeurs sont dans D et $\Phi(\beta) - ih = \beta$, donc pour chaque z de D le point $\Phi(z) - ih$ est intérieur à ou sur la circonférence $\Gamma(z)$ passant par z et par rapport à laquelle l'image β' de β est le même que par rapport à l'axe des y. Choisissons z sur la droite horizontale l par β, à droite de β. Alors $\Gamma(z)$ est à gauche de z, le seul point de $\Gamma(z)$ ayant même abscisse que z étant le point z lui-même. Mais le résultat ci-dessus équivaut ici à ce que l'abscisse de $\Phi(z)$, donc aussi celle de $\Phi(z) - ih$, est *au moins* égale à celle de z. On en conclut que $\Phi(z) - ih = z$ identiquement, puisque chaque z de l à droite de β y satisfait. La transformation $z_1 = \Phi(z)$ est une translation parallèle à l'axe des y. Résumons :

Si $f(z)$ est holomorphe à l'intérieur d'un cercle C, *si toutes ses valeurs sont aussi dans* C, *si de plus l'équation $f(z) = z$ n'a pas de racine dans* C, *alors le cercle* C *contient un point α, et un seul, ayant la propriété que la transformation $z_1 = f(z)$ contracte tous les cercles γ tangents à* C *en α. Si un point z de l'intérieur de* C *se transforme en un point situé sur le même γ que z, alors chaque z a cette propriété, et alors la transformation est linéaire, parabolique à point fixe α.*

La première partie de l'énoncé est contenue implicitement dans la Note citée de M. Denjoy.

Dans le cas où l'on se donne *a priori* un point α de C, en supposant f prolongeable au delà de α, et $f(\alpha) = \alpha$, le même résultat a été obtenu par M. G. Julia [1]. M. Julia remarque aussi qu'au lieu de supposer α régulier, on peut admettre que, z tendant vers α, $f(z)$ tende vers α, tout en satisfaisant certaines conditions de régularité.

---

[1] *Journal de Mathématiques*, 83, 1918, p. 77.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissymétrie mécanique et optique de l'espace en rapport avec le mouvement absolu de la Terre.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. H. Deslandres.

Des recherches de divers ordres, dont l'idée et la préparation remontent à 1925, ont été entreprises à l'Observatoire de Strasbourg dans le but de mettre en évidence le mouvement absolu de la Terre par les dissymétries apparentes de l'espace qui peuvent en être la conséquence. En dehors des résultats d'expériences directes actuellement en cours, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats suivants :

1° *Dissymétries mécaniques.* — Un fort mouvement absolu de la Terre, en dehors de son mouvement orbital, peut-il engendrer des *déviations* de la verticale, lesquelles, en raison de la rotation terrestre, auraient ainsi comme période le *jour sidéral?*

Nous avons, avec mon collaborateur M. Danjon, recherché cette oscillation en utilisant les données des observations du pendule horizontal, en particulier les observations continues faites à Potsdam de 1904 à 1909.

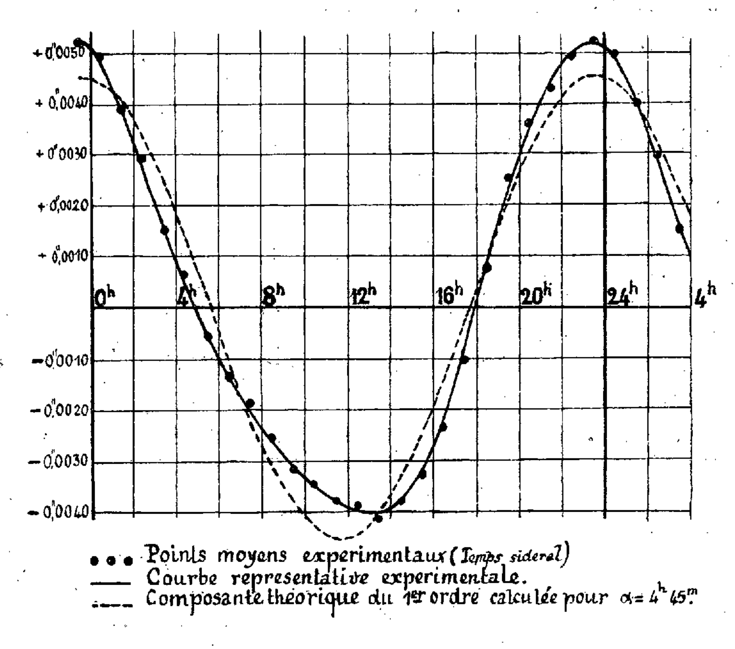
La *déviation de la verticale* peut être regardée, *a priori*, comme une fonction quasi périodique dont le corps de périodes comprend : *le jour solaire moyen*, le jour lunaire, les années solaire et lunaire, etc., enfin, peut-être, *le jour sidéral.* Seuls, parmi ces périodes, le jour solaire et le jour sidéral sont très voisins. Supposons qu'on ait extrait de la fonction composée, la partie quasi périodique relative à ces périodes T_m et T_s, partie qui, si les phénomènes correspondants comportaient des réactions mutuelles, comprendrait en outre les périodes dérivées T définies par

$$\frac{1}{T} = \frac{p}{T_m} + \frac{q}{T_s} \qquad (p, q, \text{ entiers}).$$

Or l'extraction, par voie de moyennes, des composantes correspondant à ces diverses périodes met en évidence une *composante sidérale* importante (de période T_s) représentée par la figure ci-contre, pour le pendule n° 1. Elle est en amplitude supérieure au $\frac{1}{4}$ de celle engendrée par le Soleil, à la moitié de celle de la Lune. Les composantes correspondant à $p=1$, $q=1$; $p=2$, $q=-1$; $p=3$, $q=-1$, quoique beaucoup plus faibles (de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{9}$ de la composante sidérale), ne sont pas cependant négligeables.

Si l'on interprète les déviations observées comme résultant d'un aplatis-

sement terrestre dont les pôles variables seraient orientés vers un *point fixe* du ciel étoilé, on trouve pour l'ascension droite de cette direction 4^h35^m (ou 16^h35^m) avec le pendule n° 1; 3^h30^m avec le pendule n° 2, orienté à 90° du précédent (1). A la vérité, ce dernier pendule a présenté de longues



lacunes dans les observations et éprouvé des perturbations locales importantes. Toutefois, un examen approfondi semble montrer qu'il n'y a pas, vis-à-vis de cet effet mécanique, symétrie absolue par rapport au méridien du lieu, comme si *la marée sidérale* comportait une sorte de viscosité spéciale déphasant de manière différente les composantes successives ordonnées en série de Fourier par rapport à l'angle horaire de la direction céleste troublante. Cette hypothèse, bien que singulière, s'accorderait avec l'existence de réactions mutuelles sensibles vis-à-vis de la composante solaire dont la période est très voisine.

2° *Dissymétries optiques.* — Les observations méridiennes d'étoiles directes et réfléchies révèlent des différences sensibles entre les angles d'incidence et de réflexion. En utilisant les observations directes et réfléchies de circompolaires à leur passage inférieur (pour avoir de plus grandes distances zénithales) faites à l'Observatoire de Strasbourg et en interprétant

(1) La méthode se prête mal au calcul de la déclinaison.

la divergence comme résultant d'un effet analogue au précédent, nous avons trouvé, pour la direction du mouvement, $\alpha = 4^h 36^m$, $\delta = +44°$ (ou $\alpha = 16^h 36^m$, $\delta = -44°$). M. Courvoisier, par les observations directes et réfléchies faites à Babelsberg et à Leyde, a obtenu $\alpha = 6^h$, $\delta = +33°$.

3° Les observations d'*occultations d'étoiles par la Lune* mettent en évidence, par rapport aux éphémérides de cet astre, des écarts périodiques inexpliqués, fonctions de l'ascension droite ([1]). Ces écarts paraissent trouver précisément une explication par les erreurs systématiques moyennes dont sont affectées les positions apparentes des étoiles de comparaison fournies par les catalogues et provenant d'observations méridiennes non corrigées de l'effet de translation de la Terre.

Interprétés de cette manière, ils fournissent, pour l'ascension droite de l'apex absolu, un nombre compris entre 3^h et $4^h 30^m$ et pour la déclinaison δ, la relation $\frac{1}{2}\frac{v^2}{V^2}\sin 2\delta = 0'',65$ $\left(\frac{v}{V}\right.$ rapport de la vitesse de la Terre à celle de la lumière$\left.\right)$; ce qui donne, avec $\delta = 45°$, $v = 750$ km : sec.

Toutefois, des réserves doivent être faites quant à l'interprétation physique du coefficient qui, égalé à $\frac{1}{2}\frac{v^2}{V^2}$, fournit le calcul de v.

POUSSÉE DES TERRES. — *Sur une solution du problème du mur soutenant un massif pulvérulent.* Note ([2]) de M. R. **Baticle**, transmise par M. J. Boussinesq.

Nous nous proposons, à l'aide de deux intégrales particulières du système des équations différentielles d'équilibre du massif, de donner une solution du problème du mur soutenant un massif pulvérulent à surface libre plane, l'angle de frottement du massif sur le mur étant supposé égal à l'angle de frottement intérieur.

En utilisant la méthode suivie par M. Boussinesq ([3]), puis par M. Guillaumin ([4]), on obtient le système d'équations différentielles suivant :

$$P\sin(2\chi - 2\theta) - P'[\cos(2\chi - 2\theta) - \sin\varphi] = \varpi\sin(2\chi - \theta),$$
$$P\cos^2\varphi + 2P\sin\varphi\chi'[\cos(2\chi - 2\theta) - \sin\varphi] = \varpi[\cos\theta - \sin\varphi\cos(2\chi - \theta)].$$

([1]) R. Innes, *Circular* n° 63, 1925, *of the Union Observatory* (South africa).
([2]) Séance du 7 avril 1926.
([3]) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 698.
([4]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 818.

Dans ces équations, on a pris comme axe des x la verticale descendante et comme axe des y l'horizontale dirigée vers l'intérieur du massif, l'origine étant la trace de l'arête du mur; χ désigne l'azimut de la plus grande en valeur absolue des deux pressions principales, φ l'angle de frottement, ϖ le poids spécifique de la masse pulvérulente. On appelle P le quotient de la pression moyenne p par le rayon vecteur r et l'on suppose que χ et P ne dépendent que de l'angle polaire θ.

On sait que ce système est satisfait par la solution de Rankine :

$$\chi = \text{const.} = \chi_0 \quad \text{et} \quad P\cos^2\varphi = \varpi[\cos\theta - \sin\varphi\sin(2\chi_0 - \theta)].$$

La condition à la surface libre $\left(\theta = i + \frac{\pi}{2}\right)$ est satisfaite si l'on choisit χ_0 de telle sorte qu'on ait

$$\sin i = \sin\varphi\sin(2\chi_0 - i).$$

Or, on a une autre solution particulière en prenant

$$2\chi = \frac{\pi}{2} - \varphi + 2\theta,$$
$$P\cos\varphi = \varpi\cos(\varphi - \theta).$$

Les deux valeurs de P sont égales pour un angle θ_1 tel que l'on ait

$$\cos\theta_1 = \sin\varphi\cos(2\chi_0 - \theta_1) = \cos\varphi\cos(\varphi - \theta_1),$$

c'est-à-dire

$$\sin(\varphi - \theta_1) = \cos(2\chi_0 - \theta_1) \quad \text{ou} \quad \theta_1 = \chi_0 - \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right).$$

θ_1 est la direction de rupture de la solution de Rankine.

Il résulte de là qu'on satisfait aux équations indéfinies et à la condition à la surface libre en prenant :

1° $\chi = \chi_0$ entre $\theta_0 = i + \frac{\pi}{2}$ et $\theta_1 = \chi_0 - \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$,

2° $\chi = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} + \theta$, pour $\theta < \theta_1$.

Or cette dernière relation exprime que l'action moléculaire s'exerçant sur le rayon vecteur fait avec la normale à celui-ci l'angle φ, ce qui est précisément la condition à la paroi du mur.

Donc le long du mur ($\theta = \alpha$) la pression moyenne est

$$p = \varpi r\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos\varphi}.$$

La composante normale de la poussée est

$$n = \varpi r \cos\varphi \cos(\varphi - \alpha)$$

et, la composante tangentielle,

$$t = n \operatorname{tang}\varphi = \varpi r \sin\varphi \cos(\varphi - \alpha).$$

La valeur de la poussée est donc indépendante de l'inclinaison de la surface libre.

Dans la portion du massif comprise entre α et θ_1, les lignes de rupture sont les rayons issus de l'origine et les spirales logarithmiques faisant avec ceux-ci l'angle $\frac{\pi}{2} - \varphi$.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Expériences sur l'effet Magnus.* Note de MM. TURPAIN et BONY DE LAVERGNE, présentée par M. J. Perrin.

On a proposé de mettre cet effet en évidence par la rotation d'un cylindre léger sur un plan incliné. Il tombe en se rapprochant de la verticale (M. E. BELOT, *Technique Moderne*, 1er avril 1925). Le frottement du cylindre sur le plan est alors loin d'être négligeable.

Nous avons réalisé les dispositifs simples suivants qui permettent des mesures précises :

Premier dispositif. — Un cylindre de carton léger ($l = 32^{cm}$; $d = 5^{cm},6$), d'axe armé de 2 épingles, glisse sur deux rails de verre ($l = 1^{m},40$) inclinés sur l'horizon d'un angle α variable. Le calcul indique, dans les conditions de l'expérience $\alpha = 33°$ pour le maximum d'amplitude A, au sol, de la parabole de chute *sans rotation*. Cette amplitude varie, très lentement, au voisinage de ce maximum. La rotation s'obtient en enroulant un fil sur le cylindre. Ce fil, retenu en haut des rails de verre, impose au cylindre une rotation, dont le sens change avec le sens d'enroulement du fil. Le frottement d'épingle d'acier sur tube de verre est tout à fait négligeable. La vitesse de rotation varie pour un même cylindre en pratiquant l'enroulement du fil sur d'étroites poulies de bois léger, collées au cylindre et de diamètre moindre. Résultats : $\alpha = 44°$; h, hauteur de chute $= 1^{m},60$; $A = 70^{cm}$; A_d, déplacement vers la verticale, pour rotation directe (celle que prendrait le cylindre s'il roulait naturellement sur un plan); $A_d = 10^{cm}$; A_i, déplacement inverse $= 18^{cm}$; Effet Magnus $A_d + A_i = 28^{cm}$ (vitesse obtenue par enroulement du fil directement sur le cylindre, nombre n de

tours du fil, $n = 7,75$). Le même fil enroulé sur poulie latérale ($d = 2^c,4$; $n = 18$), $A_d + A_i = 34^{cm}$.

Deuxième dispositif. — On suspend à h du sol, et à 10^{cm} l'une de l'autre deux sphères de celluloïd identiques ($d = 9^{cm},5$), munies d'axes en bois léger, de diamètres d' identiques, sur lesquels est enroulé le même fil de suspension. Les enroulements sont de sens contraire. Pour un observateur couché sur le sol, regardant suivant la verticale de chute, la rotation a lieu, pour les points de la surface des sphères en regard, dans un sens qui porte ces points *vers* l'observateur. Dès l'instant que les sphères abandonnent, ensemble, le fil de suspension et d'enroulement, les rotations, inverses, qu'elles possèdent, les éloignent l'une de l'autre [1] et chacune de leur verticale de chute. Ces écarts identiques, pour d et d' identiques, mesurent l'effet Magnus. — On fait varier la vitesse en modifiant d'. — Poids des axes a et des sphères s : $s = 16^g,2$; $15^g,8$; $15^g,45$; $a = 0^g,8$ ($d' = 0^c355$); $1^g,7$ ($d' = 0^c,252$); $2^g,8$ ($d' = 0^c,655$); $3^g,5$ ($0^c,27$). Le calcul montre que le moment d'inertie de l'axe est négligeable devant celui de la sphère.

La mesure des temps t de déroulement d'un même fil armant des sphères d'axes différents, permet celle du bras d'inertie k car

$$t^2 : t'^2 = (\pi : g + k : a^2) : (\pi : g + k : a'^2);$$

et celle de la vitesse angulaire ω de rotation car

$$\omega . a = [\pi : (m + k : a^2)] . t.$$

Le calcul indique que le temps du déroulement d'un fil de longueur l est donné par $t^2 = 2l(1 : g + K : \pi a^2)$ vérifié par l'expérience.

Résultats :

Hauteur de chute	$h = 2^m,42$;	$l = 26^{cm}$;	$a = 0^c,355$;	écart $= 30^{cm}$
»	$h = 3^m,83$;	$l = 36^{cm}$;	$a = 0^c,360$;	» 66^{cm}
			$a = 0^c,655$;	» 77^{cm}

Troisième dispositif. — Une sphère de celluloïd est cerclée d'un mince anneau de fer-blanc, l'axe se termine par une pointe et un chas d'aiguille, lequel permet de la suspendre, par un fil, au centre d'un champ tournant triphasé. Pour une vitesse suffisante on brûle le fil; la sphère tombe, de quelques millimètres, sur un miroir sphérique concave enfumé dont le tore magné-

---

(1) Si les enroulements du fil étaient inversés sur chaque axe, les sphères tomberaient en se choquant à moins qu'elles n'aient été suspendues éloignées. Elles se rapprocheraient alors en tombant au lieu de s'éloigner.

tique réalisant le champ tournant occupe les bords. On peut ainsi relever avec une grande précision : 1° le tracé du trajet de la sphère tournante sur le miroir. Un raisonnement simple indique une spirale logarithmique droite ou gauche suivant le sens du champ (vérifié par l'expérience); 2° le tracé du trajet de la sphère, amené à sa position de rotation stable, au pôle le plus bas du miroir, sous l'influence d'un courant d'air régulier (moteur électrique). En laissant la sphère revenir au centre (courant d'air supprimé) et en inversant le champ, on mesure, avec précision, l'effet Magnus sur les tracés obtenus. La vitesse de rotation de la sphère est observée *stroboscopiquement*, et sa constance démontrée, par l'éclairement, dans l'obscurité, au moyen des rayons d'une lampe au néon concentrés sur un trait blanc sur fond noirci porté par l'anneau de fer, la lampe au néon étant entretenue *par le même courant alternatif* qui anime le champ tournant.

On peut encore suspendre la sphère dans le champ par un mince fil (grège) armé d'une très légère chape. Le miroir, réfléchissant, permet de préciser les relevés au goniomètre des angles d'écarts dus à l'effet Magnus, pour un vent identique sur la sphère animée de rotations inverses.

La même observation stroboscopique est applicable au relevé des trajectoires de chute des cylindres et sphères des deux premiers dispositifs.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la nature des rayons X mous.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une Note récente (¹) nous avons accessoirement montré que les rayons X mous dépendaient beaucoup — contrairement à un résultat précédemment obtenu par M. Holweck (²) — qualitativement et quantitativement de la nature de l'anticathode et qu'ils étaient surtout constitués de rayons caractéristiques. M. Holweck (³), revenant sur ce sujet, n'a cependant pas, dans ses plus récentes expériences, constaté ce fait et voit, dans la discontinuité observée à 280 volts, une inexplicable « anomalie de transparence » du celluloïd, attribuée à la bande K du carbone.

Nous avons effectué de nouvelles mesures avec des anodes de molybdène et de tantale, en vue de rechercher la véritable nature de ce phénomène. On pourrait tout d'abord penser qu'il s'agit d'nne ionisation supplémen-

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 575.
(²) *Thèse* (Paris, 1922).
(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 779.

taire due à l'effet photo-électrique K du carbone du celluloïd et nous avons pu, dans certains cas, mettre cet effet en évidence en faisant varier le potentiel de la cathode et la polarité dans la chambre d'ionisation. Cependant, la discontinuité est tout aussi nette lorsque le film étanche est recouvert d'une feuille d'or impénétrable aux photo-électrons et c'est pour cette raison que nous l'avons précédemment attribuée à l'apparition de rayons X caractéristiques, en fait, les rayons $N_{6,7}$ du tungstène. Nous basant sur la coïncidence des courbes d'émission du tungstène et du carbone observées par M. Holweck, nous avons aussi suggéré (1) l'existence constante d'une « anticathode » de carbone dans ses expériences et indiqué deux mécanismes susceptibles de rendre compte de ce résultat, en particulier que ces rayons K du carbone, apparaissant dans le rayonnement du tungstène, étaient dus au bombardement de la fenêtre de celluloïd par les électrons secondaires.

M. Holweck a réfuté cette possibilité en montrant que la discontinuité demeure lorsqu'une feuille d'aluminium battu est insérée sur leur trajet. Il faut cependant remarquer qu'un écran de ce genre n'est guère autre chose qu'une « grille » pour des électrons. Des expériences effectuées en disposant une feuille d'or devant le film nous ont montré que la discontinuité disparaissait dans ces conditions, en faisant place, au contraire, à une *absorption* supplémentaire et justifiant ainsi l'hypothèse formulée. Celle-ci est aussi vérifiée par le fait que l'importance de la discontinuité d'émission dépend de la nature de l'anode : également forte avec W et Ta, elle est moins accentuée avec Mo et disparaît avec C. (2) Or on sait que l'émission électronique secondaire augmente rapidement avec le nombre atomique du diffuseur en présentant la même limite de vitesse maxima.

Les grandes variations de rendement que nous avons signalées en fonction de la pression s'expliquent du même coup par l'hypothèse des couches gazeuses adsorbées réduisant l'émission secondaire.

Il paraît donc établi que dans les expériences de M. Holweck aussi bien que dans nos premières mesures, effectuées pourtant avec des appareils tout différents, la source de rayonnement était autant (3) la fenêtre trans-

(1) *Bulletin de la Société française de Physique*, 5 mars 1926.

(2) Le fait qu'elle apparaît à 295 volts avec une anticathode de graphite, au lieu de 280 avec une de celluloïd, peut provenir d'une différence d'énergie du niveau K dans les deux états du carbone.

(3) Dans une mesure variable et inconnue, dépendant de l'appareil, de la nature de l'anode, de la vitesse des électrons et de la pression du gaz.

parente que l'anode du tungstène elle-même; que l' « anomalie » à 280 volts correspond à l'émission des *rayons K* du carbone; que le véritable rayonnement du tungstène ne pourra être définitivement étudié que grâce à un dispositif magnétique ou électrostatique protecteur; que les éléments solides légers, tout au moins, émettent des rayons caractéristiques intenses lorsqu'ils sont bombardés par des électrons et que les rayons X mous étudiés jusqu'à ce jour en sont principalement constitués (rayons L et K de C, N et O du celluloïd) dans la proportion précédemment indiquée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence à longue durée des sels d'urane solides et dissous.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Les sels d'uranyle cristallisés par une lumière violette, présentent une luminescence verte très vive dont la durée est assez grande pour pouvoir être observée au phosphoroscope, tandis que celle de la luminescence plus faible des solutions de ces mêmes sels n'a pas pu être décelée de cette manière, et a par suite une durée beaucoup plus courte. On a en général attribué cette différence à une action directe de l'état solide sur la nature et la durée de la luminescence, considérée comme une phosphorescence brève dans le cas des sels solides et comme une fluorescence dans le cas des solutions.

Il semble cependant (Jean Perrin) qu'on ne doive pas distinguer la fluorescence de la phosphorescence par une persistance d'émission plus ou moins grande, mais par l'action des variations de température et des radiations infrarouges. A ce point de vue la luminescence des sels d'uranyle, même solides, doit être considérée comme une vraie fluorescence.

Or, tandis que pour les phosphorescences il n'y a pas de relation entre le rendement et la durée d'émission, dans le cas des fluorescences la vie moyenne τ des molécules dans l'état excité doit être, pour une même substance, proportionnelle au rendement lumineux ρ [1]

$$\tau = \tau_0 \rho. \tag{1}$$

On pouvait penser par suite que dans le cas des sels d'uranyle dissous la durée d'émission est très petite simplement parce que le rendement lumineux est très inférieur à ce qu'il est pour les sels solides, mais que

---

[1] Francis Perrin, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 219.

cette durée serait moins diminuée pour les solutions qui réémettent le plus de lumière.

II. Parmi les solutions des sels d'uranyle celle du sulfate dissous dans l'eau en présence d'un excès d'acide sulfurique était indiquée comme la plus fluorescente. J'ai constaté qu'en dissolvant le sulfate d'uranyle dans l'acide sulfurique pur (66° B.) on obtient une solution encore beaucoup plus fluorescente et dont le rendement est seulement quatre ou cinq fois plus petit que pour le sel cristallisé.

Cette solution dont la viscosité n'est que vingt fois plus grande que celle de l'eau donne cependant, comme il était prévu, une luminescence durable très visible au phosphoroscope et correspond à une vie moyenne d'environ $\frac{1}{2000}$ de seconde, à peu près quatre fois plus courte seulement que pour le sel cristallisé, ce qui vérifie bien comme ordre de grandeur la relation (1).

Ainsi la rigidité du milieu n'agit pas directement sur la durée de luminescence des sels d'uranyle, qui peut être grande même dans une solution liquide, et ne dépend que du rendement lumineux.

Ce résultat confirme l'idée que la luminescence des sels d'uranyle est une *fluorescence à longue durée*, analogue par ailleurs aux fluorescences brèves des matières colorantes, telles que la fluorescéine, pour lesquelles la vie moyenne est seulement de quelques milliardièmes de seconde ([1]).

III. La grande différence de durée entre ces deux types de fluorescence devrait correspondre à une différence inverse mais aussi grande de l'intensité des bandes d'absorption ([1]). L'absorption des sels d'uranyle est en effet beaucoup plus faible que celle des matières colorantes, mais paraît cependant plus forte qu'il ne faudrait pour expliquer une durée d'émission de l'ordre du millième de seconde.

IV. Un caractère remarquable, déjà signalé, de la fluorescence des sels d'uranyle en solution est d'être supprimé par l'addition de certaines substances de nature très diverses (sels halogénés, acides organiques, etc.). Dans le cas de la solution sulfurique de sulfate d'uranyle, il suffit de traces, de l'ordre du dix-millième, d'acide chlorhydrique ou d'alcool pour diminuer beaucoup la fluorescence. Je pense que ces actions sont à rapprocher de l'affaiblissement, purement physique aussi, des fluorescences des matières colorantes par les solutions concentrées de certains sels (iodures, sulfures, etc.); mais elles indiquent une beaucoup plus grande probabilité

([1]) F. Perrin, *loc. cit.*

de désactivation sans émission de lumière, pour des molécules activées à vie moyenne très longue, par la présence de certains ions ou groupements moléculaires (probablement peu rigides).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le sulfure de diphénylène.* Note [1] de MM. **Ch. Courtot** et **C. Pomonis**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le diaminodiphénylènesulfure décrit dans notre précédente Note [2], fus. 177°, est nettement différent de la thiobenzidine brevetée par Dahl [3], résine jaune, incristallisable et à laquelle nous ne savons pour quelles raisons Friedländer, dans son Recueil de brevets (t. 1, p. 504), attribue la formule

$$\begin{array}{l} C^6H^4 - NH^2 \\ \;|\qquad\rangle S \\ C^6H^4 - NH^2 \end{array}$$

que l'on trouve répétée dans les traités de matières colorantes, en la développant et la présentant comme un diamino-2.2'-diphénylènesulfure. Or, si la genèse et l'analyse de notre dérivé (fus. 178°) semblent bien indiquer que nous avons affaire à un diaminodiphénylènesulfure, il n'en est pas de même de la thiobenzidine, à laquelle Dahl (*loc. cit.*) attribue une formule de constitution analogue à la thioaniline de Merz et Weith, car, d'après ses analyses, 2^{mol} de benzidine sont unies à 1^{at} de soufre.

D'autre part, le chauffage du soufre et de la benzidine donne encore naissance à un produit différent de celui de Dahl, si l'on fait varier la proportion de soufre. Ainsi Watson [4], en chauffant la benzidine avec 4^{at} de soufre (alors que Dahl en employait 2), obtient une thiobenzidine dont la constitution reste à démontrer et qui correspond à la formule $C^{12}H^{10}N^2S^{1,43}$ (?). Tout le soufre suit la base dans la diazotation et la copulation ultérieures.

O. Lange, Widmann et Wennerberg [5] sont d'accord avec nous pour

(1) Séance du 22 mars 1926.
(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 893.
(3) D. R. P., **38795**, Fdl., **1**, 1886, p. 504.
(4) *Chem. Soc. Trans.*, **121**, 1922, p. 2418.
(5) D. R. P., **330833**, Fdl., **13**, 1920, p. 262.

mettre en doute la formule proposée pour la thiobenzidine et il semble bien que nous décrivions pour la première fois des dérivés aminés du diphénylènesulfure. Il restait cependant à montrer dans quelles positions se trouvent les deux groupes aminogènes.

Or la constitution du sulfure de diphénylène étant admise (formule I) en particulier par les travaux de Lange, Widmann et Wennerberg (*loc. cit.*) on sait, depuis le travail de Weissgerber mentionné par O. Kruber [1], que la diphénylènesulfone, soumise à la fusion alcaline, conduit à l'orthohydroxydiphényle (formule II). D'autre part, Griess et Duisberg [2] ont transformé la benzidinesulfone en diaminohydroxydiphényle (point de fusion non déterminé). Il était donc à prévoir qu'en oxydant le dérivé diacétylé du diaminodiphénylènesulfure en sulfone correspondante et en fondant celle-ci avec les alcalis, on obtiendrait un diaminohydroxydiphényle. C'est ce que l'expérience vérifie et l'on obtient un diaminohydroxydiphényle $f = 226\text{-}227^\circ$ identique à celui de Jacobson et Hönigsberger [3] dont la constitution est établie et qui répond à la formule III. Nous l'avons du reste condensé avec 2^{mol} d'aldéhyde anisique et l'on obtient le produit de formule IV, fusible, comme celui des savants allemands, à 201-202°. Il s'ensuit que, dans notre diaminodiphénylènesulfure, les groupes aminogènes sont en para de la liaison diphénylique et que le 2.2'-diaminodiphénylènesulfure n'est pas la thiobenzidine de Dahl, mais notre dérivé $f = 178^\circ$ (formule V).

S
(I).

OH
(II).

H^2N NH^2
OH
(III).

CH^3O — — CH = N —
CH^3O — — CH = N —
(IV).

H^2N NH^2
S
(V).

Nous poursuivons l'étude de cette série en vue de l'obtention des dérivés sulfo-nitrés.

---

(1) *Ber.*, 53, 1920, p. 1566.
(2) *Ber.*, 22, 1889, p. 2467.
(3) *Ber.*, 36, 1903, p. 4113.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie cristallophyllienne du massif du Pilat, près Saint-Étienne.* Note (¹) de M. A. **Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

L'étude détaillée des gneiss granulitiques du massif du Pilat, qui fut imposée par les recherches tectoniques, m'a permis de distinguer dans cet ensemble complexe plusieurs horizons continus. La série cristallophyllienne comprend ainsi au-dessus du granite et du gneiss granitoïde de base les termes suivants : gneiss œillés inférieurs, gneiss granulitiques à grain fin, gneiss à mica noir et amphibolites de Pouyardière, gneiss œillés moyens, gneiss à mica noir des Fonds, gneiss œillés supérieurs, gneiss et micaschistes à mica noir, micaschistes quartzeux et sériciteux.

Les *gneiss œillés inférieurs* ont été suivis depuis la vallée du Cotatey au sud de Saint-Étienne jusque sur la rive gauche du Rhône. Ils constituent de beaux escarpements sur les deux flancs de la vallée du Run au nord du Bessat et au pic des Trois-Dents où ils sont à demi granulitisés. La bande s'amincit et semble même disparaître dans la région de Pavezin. La découverte de bancs puissants sur les flancs de la cote 764 au nord de la Chapelle et au Mont-Monnet a montré que les gneiss œillés inférieurs type Trois-Dents se poursuivaient bien au delà du Mont-Pilat. Masqués par la granulitisation sur le plateau d'Arbuel, ils reparaissent au nord de Condrieu sur les deux rives du Rhône. *L'importance et la continuité de cet horizon sont établies sur plus de* 40^{km}.

Les *gneiss granulitiques à grain fin* ont été suivis sur environ 13^{km} entre Planfoy et Doizieu. A leur sommet, il y a alternance des faciès et passage continu aux gneiss feuilletés à mica noir de Pouyardière. Leur disparition à l'est de Doizieu et le développement d'un faciès analogue sur le plateau d'Arbuel s'accordent avec l'hypothèse de la granulitisation, que suggère l'étude pétrographique. *La régularité de l'imbibition à la base des gneiss de Pouyardière leur a donné, dans une certaine zone, les caractères d'un horizon.*

L'horizon des amphibolites de Pouyardière a été suivi à la base des gneiss de Pouyardière sur environ 7^{km}. L'épaisseur des bancs, la nature des gneiss associés et celle des horizons supérieurs et inférieurs le

(¹) Séance du 7 avril 1926.

distinguent nettement des autres passages d'amphibolites. Dans la zone comprise entre la Barbanche et les Sagnes, où les affleurements sont nombreux et les vallées très creuses, cette observation a mis en évidence le dessin complexe des affleurements, facilité les raccords pour l'ensemble du Cristallophyllien et pour les écrasements, et éclairé ainsi la tectonique de cette zone et par répercussion celle des zones voisines où cet horizon-repère n'existe pas.

La continuité des *gneiss à mica noir de Pouyardière* a été établie sur une quarantaine de kilomètres. Dans une zone étendue, ils couronnent les gneiss granulitiques à grain fin. Ils sont toujours intercalés entre les gneiss œillés inférieurs et moyens et comprennent en général, à la base, des gneiss feuilletés et, au sommet, des gneiss compacts ou même granitoïdes dont le faciès est analogue à celui du gneiss granitoïde de base, par exemple au-dessus de la loge de Brias, près de Pouyardière et sur la crête du Pilat au nord de l'Œillon. Ils se complètent parfois à leur base par une série de gneiss compacts ou granitoïdes que les gneiss œillés inférieurs séparent du gneiss de base.

Les *gneiss œillés moyens* ont été suivis depuis Rochetaillée jusqu'à l'est de Doizieu sur plus de 25^{km}.

Les gneiss à mica noir des Fonds, assez feuilletés au sommet, deviennent plus compacts à la base et semblent passer aux gneiss œillés moyens. Cet horizon, bien défini à l'Ouest par les termes qui l'encadrent, a été suivi par continuité, avec des limites qui sont surtout d'ordre tectonique, au total sur une quarantaine de kilomètres.

Les *gneiss œillés supérieurs* ont été suivis depuis Rochetaillée jusqu'au Planil, sur une dizaine de kilomètres. Dans la même zone on observe à leur sommet des gneiss à mica noir qui les relient aux micaschistes.

Dans la série qui vient d'être définie, les faciès granulitiques tiennent une place importante : granulite franche dans les gneiss de base, gneiss œillé granulitique et granulite franche ou gneissique dans les gneiss œillés inférieurs et moyens, gneiss granulitique à grain fin à la base des gneiss de Pouyardière qui, au-dessus de ce contact, ont été en général épargnés. Sauf dans les régions de Planfoy, du Mont-Monnet et du plateau d'Arbuel, les gneiss granulitiques au sens strict jouent un rôle moindre dans les termes supérieurs où apparaissent seulement des amas et des bancs interstratifiés de granulite franche.

L'étude stratigraphique a montré que, dans un même horizon, le développement du faciès granulitique varie sensiblement. La granulitisation, qui

est très étendue dans la région du Mont-Pilat, a joué un rôle insignifiant entre le Mont-Pilat et Sainte-Croix et s'est développée au contraire avec intensité à l'est de Pavezin. Il n'est pas douteux que les gneiss à mica noir passent latéralement aux gneiss granulitiques.

En résumé, l'étude stratigraphique confirme pour la genèse des *gneiss granulitiques* les conclusions pétrographiques. Elle aboutit à la *distinction d'horizons continus* qui se succèdent dans un ordre déterminé. Les gneiss granulitiques comprennent *trois zones de gneiss œillé* et *deux zones principales de gneiss à mica noir*, ainsi que les produits de leur transformation par le métamorphisme granulitique. On observe à un niveau élevé du Cristallophyllien, au-dessus des gneiss œillés inférieurs, des gneiss granulitiques à grain fin et des gneiss feuilletés de Pouyardière, un *faciès analogue à celui du gneiss granitoïde de base*. Ces résultats, qui permettent de discuter le mouvement relatif des différents termes, semblent devoir rester acquis, quelle que soit la solution admise au point de vue tectonique.

GÉOLOGIE. — *Sur les éléments des deux tectoniques, hercynienne et alpine, observables dans la protogine du Mont-Blanc.* Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Notre étude du massif du Mont-Blanc, sur les résultats de laquelle nous avons déjà fait paraître plusieurs publications, nous amène maintenant à la question délicate de l'orientation de la protogine. Malgré son importance, cette question a été négligée par les observateurs qui nous ont précédés.

Le travail le plus considérable qui traite de la tectonique de l'intérieur du massif est celui de J. Vallot. En 1897, il constate l'existence, dans la protogine, de zones à schistes cristallins et il croit pouvoir formuler la conclusion suivante : « Le Mont-Blanc est constitué par une série de plis parallèles très aigus, dirigés du Nord-Est au Sud-Ouest et plongeant tous au Sud-Est. » J. Vallot a rompu avec la tradition qui considère la partie centrale du massif du Mont-Blanc comme un culot granitique plus ou moins uniforme dans sa constitution. Là est son mérite. Mais sa construction tectonique est basée sur une fausse idée fondamentale, celle du parallélisme des plis hercyniens avec les plis alpins (synclinal complexe de la vallée de Chamonix).

Nos recherches détaillées nous conduisent à une conception tout à fait nouvelle. En parcourant la partie centrale du massif, on constate facilement l'hétérogénéité de la protogine. A part le granite (sans aucune orien-

tation de cristaux) et la protogine à grands cristaux de feldspath orientés, on rencontre des zones riches en enclaves et d'autres encore caractérisées par l'écrasement de la protogine, transformée parfois en mylonite fine.

Les zones à enclaves présentent un aspect tout à fait remarquable : les enclaves ont, pour la plupart, la forme de lentilles, leurs sections les plus grandes étant presque verticales et leurs diamètres les plus grands uniformément orientés. Sur les surfaces rocheuses polies par les glaciers, presque toutes les enclaves montrent la même direction : on dirait des aiguilles aimantées. La protogine dans laquelle nagent ces enclaves est ordinairement caractérisée par de grands et nombreux cristaux de feldspath. Or ces derniers sont, eux aussi, uniformément orientés et ils tracent, par la position moyenne de leurs axes d'allongement, la même direction que les enclaves, c'est-à-dire N-S à N 10° E.

Les zones riches en enclaves sont les restes des fonds de synclinaux hercyniens que le granite, pendant sa mise en place, n'a pas complètement digérés. Ces directions hercyniennes dans la protogine fournissent un nouveau et puissant argument en faveur de nos idées sur les relations directes du massif du Mont-Blanc avec celui des Aiguilles-Rouges, idées que nous avons déjà exprimées à plusieurs reprises.

En outre et sans aucune relation avec les zones à enclaves, on peut observer, dans la protogine, une autre série de formations schisteuses.

Une étude attentive permet de constater que ces schistes sont d'une nature tout autre que les enclaves citées plus haut. En effet, ces schistes ne sont que les différents termes d'écrasement de la protogine. La direction de ces dernières zones est parallèle au synclinal complexe de Chamonix, c'est-à-dire qu'elle se rapproche de la direction NE. Les zones à mylonite, montrant la direction NE, sont des plans d'écrasement de la protogine résultant de l'action de la poussée orogénique alpine.

Ainsi les deux directions des phénomènes que les mouvements orogéniques alpins et hercyniens ont déterminés au sein de la protogine se croisent sous l'angle approximatif de 35°-45°.

Le déplacement réciproque des lames de protogine suivant les plans de cassures pendant le mouvement alpin a déterminé la rupture de la continuité des zones à enclaves (zones de l'âge hercynien), dont le raccordement, à travers des largeurs considérables de glaciers, devient par trop délicat et compliqué, voire impossible.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les solvants des tannins*. Note [1] de M. MICHEL-DURAND, présentée par M. Molliard.

On a vu [2] que l'acétone, bon solvant des tannins libres, ne dissout le plus souvent qu' une fraction des principes tanniques contenus dans les plantes supérieures. J'ai rapporté la solubilisation incomplète des tannins dans l'acétone à la coagulation du complexe tannique sous l'influence de ce liquide, complexe désagrégé par l'eau; si cette hypothèse est exacte : 1° les tannins solubles dans l'acétone sont aussi solubles dans l'eau qui serait un des meilleurs solvants des principes tanniques ; 2° réciproquement les tannins solubles dans l'eau doivent se dissoudre dans l'acétone.

Pour résoudre la première partie du problème, j'ai traité différents tissus avec les liquides couramment employés dans ce genre d'extraction, c'est-à-dire l'éther, l'alcool, l'acétone, l'eau chaude, soit isolément, soit successivement. Dans certains cas seulement j'ai terminé la série des épuisements par la glycérine à 120°, cet alcool disloquant énergiquement la membrane moyenne des cloisons cellulaires; les dosages ont été effectués par la méthode Carpeni Sixley; les résultats sont exprimés en centimètres cubes de solution de permanganate de potassium à 5 pour 1000.

Des lots de 4g de chacun des tissus végétaux suivants ont été traités par les systèmes de solvants énumérés ci-dessus. En face de chaque système de solvants se trouvent, sur une même ligne horizontale, les nombres obtenus avec les lots considérés. Les lots de même nature sont placés en ligne verticale en face du système de solvants qui a agi sur eux.

Systèmes de solvants employés [3].	Nature des tissus traités.			
	Bois de châtaignier		Glands du chêne.	Sarments de vigne.
	frais.	épuisé.		
1° Éther-acétone-eau à 100°-alcool 90°-glycérine....	347-348	49-54	"	"
2° Éther-acétone-alcool-eau.	"	"	"	29-30
3° Acétone-alcool-eau.......	365-368	52-61	"	"
4° Éther-acétone-eau.......	"	"	90	"
5° Éther-eau..............	"	"	90	"
6° Acétone-eau............	364-367	"	100	31-33
7° Eau à 100°............	344-351	54	95	30-31

(1) Séance du 7 avril 1926.

(2) MICHEL-DURAND, *De l'état des tannins dans la cellule végétale*, 178, 1924, p. 586.

(3) Chaque système est énuméré dans l'ordre où les liquides ont agi sur les tissus.

De ces résultats on peut conclure que :

1° De tous les liquides employés pour l'extraction des tannins l'eau est le solvant qui donne le meilleur rendement;

2° La somme des tannins enlevés par l'acétone et par l'eau est égale à la somme des tannins dissous par les épuisements successifs à l'eau bouillante seule;

3° Quel que soit le système de solvants employé et l'état de lignification des organes, l'eau bouillante employée seule dissout autant de tannin que l'ensemble des solvants considérés agissant successivement sur les tissus étudiés;

4° Le traitement industriel du bois est fort imparfait et une proportion de tannin qui peut atteindre 2 pour 100 reste dans la pulpe; mais un épuisement aqueux supplémentaire suffirait pour enlever ce tannin, il s'agit de savoir si ce rendement serait rémunérateur.

En résumé, *les tannins solubles dans l'alcool, l'acétone sont aussi solubles dans l'eau; l'emploi des liquides successifs dans l'extraction, y compris l'éther, n'augmente en aucune façon le rendement en principes tanniques.*

Les tannins solubles dans l'eau sont-ils solubles dans l'acétone?

Du bois de châtaignier, épuisé à l'acétone, est traité par l'eau bouillante; la solution obtenue concentrée dans le vide, est versée dans l'acétone. Il se forme un précipité colloïdal qui flocule lentement mais *incomplètement*. Le liquide cétonique *légèrement opalescent*, décanté, distillé dans le vide, évaporé à sec donne un résidu qui, repris par de l'acétone, cède la moitié de son tannin. La présence d'une petite quantité de substance absorbante retient probablement le reste. Le précipité obtenu dissous dans l'eau, remis en présence des principes tanniques, les rend insolubles dans l'acétone; ce solvant se comporte de la même façon vis-à-vis du résidu obtenu en concentrant à sec dans le vide l'extrait aqueux primitif. Donc *les tannins solubles dans l'eau sont en partie solubles dans l'acétone.*

Ces résultats sont en désaccord avec les conclusions des recherches sur les tannins des sarments de vigne effectuées par M. Picard (1). Les causes de cette divergence sont dues à la technique employée par cet auteur.

1° M. Picard considère l'éther ordinaire comme un solvant des tannins; or, l'insolubilité de ces substances dans l'oxyde d'éthyle anhydre est un fait bien connu depuis Pelouze et appliqué dans la purification industrielle des principes tanniques;

---

(1) F. Picard, *Observations sur la solubilité des tannins et leur extraction chez les végétaux* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 480).

2° Les principes aromatiques entraînés par l'éther, en particulier les acides gallique et protocatéchique, considérés comme tannins par M. Picard, sont en général *peu solubles dans l'eau tiède, solubles dans l'eau bouillante, très solubles dans l'éther*. Des tissus aussi fortement lignifiés que les sarments de vigne cèdent facilement ces substances à l'éther dans un appareil de Soxhlet; j'ai obtenu le même résultat par des épuisements successifs et prolongés à l'eau bouillante; mais *dans une allonge*, suivant le procédé employé par M. Picard, l'eau se refroidit rapidement et n'entraîne plus que de faibles quantités de ces composés phénoliques.

Un épuisement plus complet des tissus, une méthode de dosage plus sensible, auraient amené M. Picard aux conclusions exposées dans la présente Note.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Échanges gazeux chez les Algues brunes de la région arctique découvertes à mer basse*. Note de M. **Th. Kraschenninnikoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Lors d'un séjour à l'île Kildine (Océan glacial), du 1er au 12 août, j'ai essayé, en collaboration avec N. Sokovnina, de mesurer l'intensité de l'assimilation des Phéophycées qui restent exposées à l'air à mer basse, et celle de leur respiration. Comparativement, j'ai déterminé l'intensité de l'assimilation de quelques plantes terrestres. Des recherches de ce genre peuvent fournir des données sur les conditions du développement des algues brunes à l'extrême Nord, où, malgré une température peu élevée, ces plantes croissent en abondance.

Pour les déterminations, j'ai utilisé, en le modifiant légèrement, l'appareil proposé en 1869 par le professeur Timiriazeff, où l'analyse des gaz se fait selon la méthode employée par Boussingault pour l'étude des échanges gazeux des feuilles.

Les expériences ont porté sur un *Fucus sp.* restant longtemps hors de l'eau à chaque reflux, sur *Laminaria saccharina* et *L. digitata* mis à découvert par les grandes marées, et sur *Chorda filum* retiré de l'eau.

TABLEAU I. — *Assimilation dans de l'air additionné de CO^2.*

Nom de la plante.	Surface.	Poids sec.	Nébulosité.	Température.	Quantité de CO^2 ajoutée		V^0_{760} du mélange gazeux avant l'insolation.	après l'insolation.	CO^2 assimilé en tout.	en 1 h. par 1cm².
	cm²	g	°		cm³	°/₀			cm³	cm³
1. *Fucus* sp.	34,5	0,701	9	11,5	3,88	5,93	69,33	69,39	3,62	0,105
2. *Fucus* sp.	26,5	0,544	9	11,5	2,09	6,50	34,20	34,51	1,65	0,062
3. *Fucus* sp.	32,5	0,531	8	16,5	6,12	9,85	68,20	68,29	2,79	0,086
4. *Laminaria digitata*	60,4	0,448	10	7,9	3,58	5,48	68,90	69,02	2,44	0,040
5. *Laminaria saccharina*	36,3	0,175	10	7,9	3,17	9,94	34,99	34,97	0,62	0,017
6. *Chorda filum*	62	0,137	0	11	5,15	7,68	72,23	72,29	1,09	0,018
7. *Chorda filum*	54	0,174	0	11	3,69	11,71	35,20	35,30	0,34	0,0064
8. *Betula nana*	21,7	0,203	3	16,5	3,85	6,32	64,69	64,66	2,68	0,123
9. *Betula nana*	18,2	0,134	10	10,2	6,28	8,52	79,98	79,79	1,26	0,046
10. *Rumex acetosa*	23,2	0,092	3	16,5	2,02	6,91	31,31	31,49	1,97	0,085

Donc, chez les algues exposées à l'air et convenablement éclairées, l'assimilation est très énergique et atteint la même intensité que chez les plantes terrestres 0cm³,1 CO^2 pour 1cm³ de surface. Or, l'intensité d'assimilation de *Betula nana* correspond à celle indiquée pour des latitudes plus méridionales. Chez les Phéophycées, aussi bien à 7° qu'à 17°, l'intensité de l'assimilation dépasse celle de la respiration. Comme Kniep et Harder l'ont déjà indiqué, il semble que chez les algues des mers froides l'assimilation ne prédomine sur la respiration qu'aux basses températures. A 20° la respiration est déjà la plus forte. Jusqu'au « point de compensation de la température », où l'assimilation égale la respiration, mes expériences n'ont pas présenté de changement aussi grand. Peut-être cette divergence est-elle due aux différences des conditions d'expérimentation.

Lors de l'assimilation chez le *Fucus* la quantité de O^2 dégagé dépasse un peu celle de CO^2 absorbé. Pendant l'exposition à la lumière, le volume du mélange gazeux augmente un peu. Des expériences particulières furent entreprises afin de déterminer l'influence de la respiration sur l'échange gazeux pendant l'exposition à la lumière. On plaça des fragments du thalle dans le tube eudiométrique, puis le volume d'air contenu ayant été déterminé, le tube fut maintenu à l'obscurité pendant un certain temps. En déterminant de nouveau le volume du gaz, et en y ajoutant NaOH, on obtenait la quantité de CO^2 formé.

TABLEAU II. — *Respiration.*

m de la plante.	Surface.	Poids sec.	Durée de l'expérience.	Température.	Volume de l'air V^0_{760} avant.	Volume de l'air V^0_{760} après.	CO^2 qui s'est formé en tout.	CO^2 qui s'est formé en 1 h. par 1 cm^2.	Quantité de O^2 absorbé.	Quotient $\frac{CO^2}{O^2}$.
	cm^2	g		o	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	
s sp.	69,5	1,245	15,2	9	71,01	69,40	1,28	0,00119	2,89	0,43
s sp.	72,6	1,087	21,3	17	36,63	34,18	1,75	0,00113	4,20	0,26
inaria digitata	150,4	1,400	17,3	5	74,47	73,27	2,44	0,00094	3,64	0,67
inaria saccharina.	64,9	0,345	17,3	5	37,26	36,67	2,37	0,00210	2,96	0,80
la nana	26,3	0,369	18,7	16,2	32,48	32,22	3,44	0,0070	3,70	0,93

De 8° à 17° l'intensité de l'échange gazeux dans la respiration est bien plus faible que dans l'assimilation. A l'air humide la respiration des algues marines est plus faible que celle des plantes terrestres, ce qui tient, comme on l'a constaté, à ce que l'échange des matières est moins actif chez les algues.

Le quotient respiratoire $CO^2 : O^2 < 1$. Il est surtout minime chez le *Fucus*, ce qui montre qu'à l'obscurité, dans les algues, comme dans les plantes charnues, il se forme des substances plus riches en O^2.

Le rapport $CO^2 : O^2$ change en passant de la lumière à l'obscurité.

Ainsi, dans la région arctique, chez les Phéophycées exposées à l'air à mer basse, une assimilation très énergique se produit. Dans de bonnes conditions d'éclairage elle est beaucoup plus intense que la respiration, ce qui prouve qu'il y a formation en grande quantité de matières organiques.

PHYSIOLOGIE. — *Les causes de l'action dynamique spécifique des protéiques.* Note (¹) de MM. **Émile-F. Terroine** et **R. Bonnet**, transmise par M. Henneguy.

Tandis que dans la culture de *Sterigmatocystis nigra* et *Aspergillus orhizæ* sur matières protéiques (peptone et gélatine) et sur divers acides aminés (glycocolle, alanine, valine, leucine, acide glutamique), Terroine, Mlle Trautmann, Bonnet et Jacquot constatent que la croissance se produit avec un rendement énergétique de 0,39; Rapport relève chez le Chien une même production d'extra-chaleur après ingestion de viande de bœuf, de

(¹) Séance du 7 avril 1926.

poulet et de morue, de gliadine, de caséine et de gélatine malgré les différences considérables de composition qui séparent ces diverses protéiques.

De l'ensemble de ces faits, Terroine, Mlle Trautmann, Bonnet et Jacquot concluent que l'action dynamique spécifique des protéiques doit être en rapport, non avec l'évolution des chaînes ternaires qui suit la désamination, mais uniquement avec la séparation de l'azote aminé. Or, s'il en est bien ainsi, d'une part, tous les acides aminés doivent provoquer une action dynamique (fait au sujet duquel les observations de Lusk et de Grafe sont contradictoires quant à l'acide glutamique) et d'autre part, la grandeur de cette action doit être rigoureusement proportionnelle à la quantité d'azote aminé introduite par chacun d'eux. Ce sont ces deux conséquences que nous nous sommes proposé de vérifier.

Nos recherches dans ce but ont porté sur la Grenouille, animal chez lequel on peut aisément mesurer, comme l'un de nous l'a montré (¹), l'action dynamique et qui, comme tout pœcilotherme, permet de déterminer avec sécurité la grandeur de cette action sans préoccupation de la température extérieure. La technique employée a donc été identique à celle précédemment décrite, mais appliquée aux acides aminés de tous types : monoaminés et diaminés, monocarboxylés et dicarboxylés, à chaîne grasse, aromatique ou hétérocyclique. En fait, tous les acides aminés importants de la molécule albuminoïde ont été étudiés à l'exception de la sérine et de l'arginine.

Dans chacun des cas, de deux à cinq expériences ont été faites dont les résultats détaillés seront réunis dans un prochain Mémoire. Leur parfaite concordance nous autorise dès maintenant à donner les valeurs moyennes des productions d'extra-chaleur provoquées par l'ingestion des divers acides aminés, exprimées en petites calories, rapportées à 14mg d'azote aminé, et résumées dans le tableau ci-dessous :

Acides aminés ingérés.	Extra-chaleur produite par 14mg de N aminé.
	cal
Glycocolle	116,75
Alanine	118,66
Acide aspartique	115,77
Acide glutamique	119,74
Leucine	118,48
Valine	117,15
Cystine	118,54
Lysine	119,81
Phénylalanine	129,19
Tyrosine	128,12
Tryptophane	139,85
Histidine	141,58

(¹) R. Bonnet, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1092.

Il est facile de se rendre compte : d'une part, que tous les acides aminés possèdent une action dynamique; d'autre part, que ceux appartenant à la série grasse provoquent tous une même production d'extra-chaleur pour une même quantité d'azote aminé. La production est un peu supérieure dans le cas des acides aminés aromatiques et hétérocycliques chez lesquels le phénomène est vraisemblablement plus complexe. Mais, en tous cas, le fait que les acides aminés de la série grasse dont les chaînes ternaires présentent des évolutions très différentes, les unes glucoformatrices, les autres cétoformatrices, est la preuve que la transformation de cette chaîne, et singulièrement, la formation du glucose n'ont rien à voir avec l'action dynamique spécifique. Cette perte d'énergie est entièrement à rapporter au métabolisme de l'azote.

Il est intéressant de rechercher si les observations faites permettent de comprendre, comme elles le doivent si notre manière de voir est exacte, la grandeur de l'action dynamique des protéiques. La production d'extra-chaleur, d'après nos expériences, calculée en grandes calories et rapportée au gramme de N est de $8^{cal}4$, en prenant comme valeur moyenne $0^{cal}, 118$ par 14^{mg} de N aminé.

Par ailleurs, on sait que l'ingestion de 100^{cal} à l'état de protéiques entraîne une production d'extra-chaleur de 32^{cal}. C'est-à-dire que $24^{g}, 3$ de protéiques, soit $3^{g}, 88$ de N, provoquent une production de 32^{cal}, soit 8, 25 par gramme de N. Étant donné que la totalité de N protéique n'est pas à l'état aminé, on ne s'étonnera pas d'une différence légère en moins, et la concordance, remarquable au contraire, entre les deux chiffres, nous permet de formuler la conclusion suivante :

L'action dynamique spécifique des protéiques réside tout entière dans une production d'extra-chaleur uniquement en rapport avec le métabolisme de l'azote aminé, et non avec la transformation des chaînes ternaires résultant de la désamination, production s'élevant à $8^{cal}, 4$ *environ par gramme de* N *aminé séparé.*

Cette production d'extra-chaleur est-elle strictement limitée aux processus exothermiques de la désamination ? Comprend-elle aussi la dépense d'énergie résultant de la formation nécessaire de l'urée aux dépens de l'ammoniaque libérée ? Ce sont là questions auxquelles s'efforcent de répondre nos recherches actuelles.

CHIMIE ALIMENTAIRE. — *Sur la composition de la graine de fenu-grec et sur son mélange aux blés destinés à la meunerie.* Note de M. E. FLEURENT, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Le règlement des marchés de blé, seigle et avoine de la place de Paris exclut totalement de ce marché les blés dans lesquels est reconnue la présence de la graine de fenugrec (*Trigonella fœnum-græcum*). La situation est un peu différente sur la place de Marseille qui s'approvisionne pour partie en Tunisie où la culture du fenugrec s'est développée dans ces derniers temps pour le fourrage qu'elle produit. Le Congrès des Céréalistes de l'Afrique du Nord, tenu à Alger en janvier 1925, avait admis, pour le contrat de Marseille, une proportion maximum de 0,125 pour 100 du blé en graine de fenugrec. Mais des refus ont été opposés par la boulangerie à des farines satisfaisant à cette condition, et c'est ainsi que j'ai été saisi, par la Minoterie marseillaise, de la question qui fait l'objet de la présente Note.

Les raisons des refus dont il s'agit sont que le fenugrec donne au pain une odeur repoussante et, en même temps, une saveur amère et âpre extrêmement désagréable.

La graine de fenu-grec possède une couleur jaunâtre très voisine de celle du blé. Sa forme est sensiblement celle d'un parallélipipède rectangle à coins arrondis de 2 à 3^{mm} sur le petit côté, 3 à 5^{mm} sur le grand et 1 à $1^{mm},5$ d'épaisseur. Sa densité apparente oscille autour de 73^{kg} à l'hectolitre. Très voisine par conséquent de celle du blé, elle explique, en même temps que sa forme, les raisons pour lesquelles, malgré les précautions prises lorsque sa présence est signalée, les trieurs ne l'éliminent jamais complètement.

Elle contient, d'après mes analyses, 9,46 à 9,85 pour 100 d'une huile dont la densité à 18° est de 0,970 et dont l'indice d'iode varie de 110 à 114, ce qui ne la différencie pas sensiblement des autres huiles comestibles végétales et de l'huile de blé. Mais, par rapport à cette dernière, la proportion en est environ 5 fois plus élevée. D'autre part, sa couleur est brun foncé et elle dégage une odeur spéciale, forte, rappelant celle qui sort des usines où l'on traite les déchets animaux par l'acide sulfurique, doublée d'un parfum particulier rappelant celui du fenouil. Cette huile ne contient pas de produits sulfurés. D'autre part, l'application des méthodes spéciales ne signale pas la présence, dans la graine, d'une essence odorante pouvant être séparée. C'est donc bien à la matière grasse que sont dues, certaine-

ment, et l'odeur caractéristique de la graine, et celle si désagréable qui se dégage lors de la panification.

Lorsque la graine de fenu grec est débarrassée de sa matière grasse, elle a perdu à peu près totalement cette odeur spéciale, mais elle possède une saveur amère aussi énergique que celle de la gentiane et qui est due à un produit extractif résineux, soluble dans l'alcool, qui y existe dans la proportion de 13,50 pour 100. Ce produit résineux semble contenir en mélange un élément, réducteur après hydrolyse, de la nature des glucosides et j'en continue l'étude. Dans tous les cas, c'est cette résine qui communique à la graine sa dureté et sa cassure cornée et au pain résultant des farines qui en contiennent la saveur amère et âpre qui, s'ajoutant à l'odeur de la matière grasse, le rend impropre à la consommation.

Dans quelles proportions la graine de fenu-grec mélangée au blé fait-elle sentir ses funestes effets? Pour m'en rendre compte, j'ai panifié moi-même au laboratoire et dans les mêmes conditions quatre échantillons de farine, les deux premiers provenant de moutures industrielles refusées par la boulangerie, les deux autres, préparées par mes soins. Le tableau suivant indique les proportions variables de farine de fenu-grec et de ses éléments constitutifs contenus dans chaque échantillon:

	Pour 100.		
	Fenu-grec.	Huile.	Résine.
1....................	1	0,096	0,135
2....................	$\frac{1}{4}$ (0,25)	0,024	0,033
3....................	$\frac{1}{8}$ (0,125)	0,012	0,0165
4....................	$\frac{1}{16}$ (0,0625)	0,006	0,008

La dégustation démontre que si le pain n° 4 qui ne contient que 6 et 8^{mg} de matière grasse et de résine pour 100^{g} de farine est mangeable, il a cependant déjà perdu toute la fraîcheur de goût du pain témoin de farine pure.

Quant aux autres, ils sont d'autant plus souillés par l'odeur et la saveur désagréables de la graine de fenu-grec que celle-ci est en proportion plus élevée. On conçoit particulièrement que les farines industrielles 1 et 2 aient dû être reprises par le minotier qui les avait livrées en toute bonne foi et qu'il ait été ainsi amené à rechercher la cause de dépréciation qui lui avait échappé préalablement.

La conclusion de cette étude est qu'en raison de la difficulté que présente l'élimination du blé de la graine de fenu-grec, en raison de l'odeur repoussante et de la saveur amère qu'à dose extrêmement faible elle communique

au pain fait avec les farines qui en contiennent, on s'explique que le règlement de Paris exclut totalement du commerce les blés dans lesquels la présence de cette graine a été reconnue à l'expertise préalable.

MICROBIOLOGIE. — *Action des streptocoques sur le lait.* Note de M. **Constantino Gorini**, présentée par M. Roux.

Les bactéries du lait agissent à la fois sur le lactose et sur la caséine; ces actions sont influencées par des facteurs complexes tels que la qualité du lait, son âge, la température, la présence ou l'absence d'oxygène, la dose de semence introduite, la façon dont le lait a été stérilisé, etc., d'où la difficulté de cette étude. C'est en tenant compte de ces divers facteurs que j'ai pu démontrer que certains ferments lactiques (*Mammococcus*, *Caseococcus*, *Enterococcus*, *Gastrococcus*) peptonisent aussi la caséine. J'ai étendu mes investigations aux streptocoques dont l'action sur le lait est des plus discutée et je suis arrivé à en distinguer deux types; l'un qui caille le lait en produisant une quantité considérable d'acide lactique, puisqu'elle exige pour être saturée 3 à 6^{cm^3} de solution normale de soude pour 100^{cm^3} de lait. Ce type de streptocoque coagule la caséine même dans le lait stérilisé à l'autoclave jusqu'à teinte jaune, il donne un caillot ferme ne subissant aucune digestion. Le second type de streptocoque développe une faible acidité (au-dessous de 3^{cm^3} pour 100), il coagule la caséine au moyen d'une présure et seulement dans le lait stérilisé par tyndalisation et resté blanc. Le caillot est floconneux et facilement digéré en milieu acide. L'action de ce streptocoque se manifeste plus tardivement et d'une façon irrégulière, car elle est influencée par les conditions indiquées plus haut, de sorte que souvent la coagulation n'est que partielle ou n'apparaît qu'en chauffant le milieu.

Ces deux types de streptocoques peuvent se rencontrer dans une même souche, ce qui explique les variations physiologiques brusques observées en lactoculture, notamment si l'on emploie peu de semence ou si l'on fait varier la température. Une température élevée favorise la saccharolyse, une température basse favorise la caséolyse. Suivant la température et la durée de l'incubation, le caillot sera floconneux ou ferme, digéré ou non digéré.

Ces deux types de streptocoques se rencontrent dans les divers milieux laitiers. Cependant j'ai pu constater que dans les excréments bovins (35 fois sur 42 souches) prédomine le type producteur d'un taux élevé d'acide,

tandis que dans la mamelle, dans la bouche, dans les cas d'affections de l'homme et des bovidés, le type producteur d'un faible taux d'acidité (28 fois sur 33 souches) est le plus fréquent.

Les streptocoques pathogènes (notamment le *Pneumococcus*) sont peu résistants, même aussitôt après leur isolement; on risque de les perdre si les ensemencements dans le lait ne sont pas abondants et rapprochés. Je n'ai pas pu conserver dans le lait le *Streptococcus erysipelatis* et le *Pneumococcus* pendant plus d'un mois.

En résumé, d'après leur action sur le lait, on peut distinguer deux types de streptocoques; l'un acidifiant énergiquement et fournissant régulièrement un caillot ferme, l'autre acidoprotéolytique donnant irrégulièrement un caillot floconneux suivant les conditions jusqu'ici négligées par les auteurs. Le premier type se trouve surtout parmi les saprophytes, le second parmi les streptocoques parasites.

Ces recherches confirment les résultats que j'ai fait connaître précédemment, à savoir : 1° l'existence de ferments mixtes acidoprotéolytiques que j'ai montrée dès 1891; 2° la nécessité d'étudier à nouveau l'action des microbes sur le lait en prenant toutes les précautions que j'ai signalées.

La séance est levée à 15h35m.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 24 août 1925.)

Note de M. *L. Escande*, La similitude étendue aux grandes vitesses :

Page 297, lignes 2 à 6 du paragraphe IV, substituer à la phrase commençant par « Le fait que la loi de similitude... » la phrase suivante : « Il paraît intéressant de remarquer que la similitude, déduite des équations de Navier, continue à s'appliquer à ces vitesses. »

(Séance du 15 mars 1926.)

Note de M. *Rogoff*, Plaque rectangulaire posée supportant une charge P concentrée en son centre :

Page 683, tableau du bas, *au lieu de* $\frac{d}{a}$, *lire* $\frac{a}{d}$ et dans les valeurs numériques, seconde colonne, *au lieu de* 1,94, 1,69, 1,65, 1,63, 1,63, *lire* 1,94, 1,79, 1,75, 1,73, 1,73.

(Séance du 29 mars 1926.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Expressions générales de la résistance R de l'eau à la translation des carènes à toutes leurs vitesses possibles :

Page 820, ligne 20, substituer aux valeurs de a et de n les expressions suivantes :

$$a = 3,069\left(\frac{w}{10}\right)^{1,772} \quad \text{et} \quad n = 2\left(\frac{w}{10}\right)^{1,875}.$$

Page 821, formule (7), substituer à la constante 6,11 le nombre 9,253.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Moscoso**, Directeur de l'École Polytechnique de Rio de Janeiro, Membre de l'Académie des Sciences du Brésil, à M. le Professeur **Birkhoff** de l'Université d'Harvard et à M. **Rolf Nevanlinna**, Professeur à l'Université d'Helsingfors, qui assistent à la séance.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la nature arithmétique de la constante d'Euler.* Note de M. **Paul Appell**.

Une confusion entre les entiers μ et ν rend inintelligible la fin de ma Note des *Comptes rendus* du 12 avril. Il faut, dans la série, pour le premier terme remplacer ν par μ. Il se présente une objection qui, pour le moment, rend la démonstration illusoire. Il est évident que les entiers N, N′, N″ dépendent de μ, h, m, n. On a $N \geqq 1$, $N' \geqq m-1$, $N'' \geqq n-1$; le rapport $\frac{N}{N''}$ peut tendre vers zéro avec $\frac{1}{\mu}$.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Actions catalytiques des composés azotés. Considérations générales.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse**.

On se rappelle que notre théorie de la catalyse d'autoxydation, aussi bien positive que négative, est basée sur l'oxydabilité des catalyseurs ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 624.

Nous nous sommes donc attachés à étudier les relations pouvant exister entre cette oxydabilité et les propriétés catalytiques. Nous cherchons à savoir, d'abord, comment varient, dans une molécule, les propriétés catalytiques, avec l'oxydabilité qui doit être rapportée à la présence de l'atome d'un élément déterminé, réservant pour une seconde série d'expériences l'étude plus spéciale de l'influence des groupements d'atomes.

Il est bien évident que nous ne saurions avoir une idée exacte de l'oxydabilité propre, dans la molécule, d'un atome déterminé, en dehors de l'action des autres atomes. Et, en fait, c'est l'action de l'intégralité de la molécule sur l'oxydabilité de cet atome, et, par suite, sur les propriétés catalytiques, que nous percevons. On conçoit ainsi que seule une étude d'ensemble portant sur de nombreux corps pourra permettre de dégager l'influence propre de l'élément envisagé.

Nous passons méthodiquement en revue les familles d'éléments. Nous avons déjà étudié la famille des halogènes (1). Dans celle du soufre, après le soufre lui-même, dont nous nous sommes longuement occupés, nous poursuivons des essais sur les autres éléments.

Au point de vue qui nous préoccupe (relations entre l'oxydabilité d'un élément et la propriété catalytique qu'il confère à la molécule), la famille de l'azote est certainement la plus intéressante. C'est là en effet que nous trouvons la gamme la plus étendue et le plus de modalités diverses dans l'oxydabilité. Comparons par exemple l'azote et le phosphore, qui peuvent être considérés, quant à leur affinité pour l'oxygène, comme étant aux antipodes l'un de l'autre. En admettant, en première approximation, que la chaleur de combinaison donne une mesure de l'affinité, on voit, d'après les chiffres connus (N^2O, $-20^{cal},6$; NO, $-21^{cal},6$; N^2O^3, $-21^{cal},4$; NO^2, $-1^{cal},7$; P^2O^5, $+365^{cal},3$) que, à l'opposé du phosphore, qui a beaucoup d'affinité pour l'oxygène, l'azote, non seulement n'en a aucune, mais éprouve pour cet élément une véritable répulsion, puisque son affinité est négative.

Il semble donc qu'on devrait s'attendre, d'après nos vues, au résultat suivant : tandis que le phosphore apporterait aux molécules des propriétés catalytiques énergiques, l'azote, au contraire, serait sans influence, ou même aurait une influence modératrice.

Un tel raisonnement est erroné. S'il est exact, en effet, que l'azote libre, sous forme, par conséquent, de molécules N^2 (2 atomes d'azote combinés

(1) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 797; 178, 1924, p. 824 et 1497.

entre eux), n'a pas d'affinité pour l'oxygène, il n'en est pas moins certain qu'il en a beaucoup, par contre, quand il est à l'état d'atomes N. La chaleur de combinaison de l'atome N avec l'oxygène peut être calculée d'après la chaleur de formation de la molécule N^2; pour l'oxyde NO^2, par exemple, elle est de l'ordre de 80 calories. Or, justement, dans la plupart des molécules azotées, ce sont des atomes individuels d'azote, ayant gardé de l'affinité pour l'oxygène, que l'on rencontre. Nous ne pouvons donc pas considérer comme inerte, du point de vue qui nous intéresse ici, l'atome d'azote contenu dans des molécules. Et il se trouve, effectivement, qu'un grand nombre de molécules azotées manifestent une oxydabilité très marquée, laquelle est certainement due à la présence de l'atome d'azote. On voit par là tout l'intérêt que présentait pour nous l'étude des propriétés catalytiques de semblables molécules.

Par ailleurs, cette action catalytique de l'azote sur les phénomènes d'autoxydation présente une importance spéciale du fait que l'azote joue dans les phénomènes vitaux un rôle primordial. Les matières vivantes renferment des proportions notables d'azote, et un nombre considérable de matières élaborées par l'organisme sont également azotées. De sorte que, en fait, toutes les oxydations par l'oxygène libre chez les êtres vivants se produisent fatalement en présence de matières azotées. Il y aurait donc un grand intérêt à connaître les influences catalytiques que ces substances ne peuvent manquer d'exercer.

Nos expériences établissent que, comme nous l'avions prévu théoriquement, beaucoup de composés azotés ont une action sur l'autoxydation, et elle est même parfois considérable. Nous avons, en outre, maintes fois constaté l'influence exaltante des atomes liés à l'azote, à la fois sur l'oxydabilité et sur les propriétés catalytiques. L'atome d'hydrogène, en particulier, joue dans certains cas un tel rôle, faisant en quelque sorte participer l'azote à sa propre affinité pour l'oxygène.

Quoi qu'il en soit, on voit le caractère de nouveauté que présente, pour notre théorie, la nouvelle épreuve à laquelle nous la soumettons en étudiant le cas de l'azote.

M. GUSTAVE ANDRÉ dépose sur le bureau de l'Académie une Notice sur la vie et les travaux de son prédécesseur, LÉON MAQUENNE. Cette notice sera insérée dans le recueil des *Notices et Discours*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. le Dr *Rogier Diederik Marius Verbeek*, bien connu par ses travaux sur la géologie des Indes néerlandaises, qui lui ont valu plusieurs récompenses de l'Académie.

M. **A. Porcherel** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1921.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, par Paul Helbronner. Tome VIII : *Chaîne méridienne de Dauphiné-Provence*. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° A. Porcherel. *Hérédité chez le Mulet*, recherches faites à l'aide d'une subvention accordée par l'Académie sur la *fondation Loutreuil*, en 1921.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certaines congruences.* Note de M. **Tzitzeica**, présentée par M. Goursat.

1. M. Goursat a étudié une classe spéciale d'équations de Laplace et il a trouvé une transformation remarquable de ces équations. Dernièrement M. Krebs a donné ([1]) une interprétation géométrique de cette transformation. Je me propose de compléter ces résultats.

Remarquons tout d'abord que, dans un espace projectif à n dimensions, toute congruence, rapportée à ses développables, peut être définie par $n+1$ solutions x_i, y_i $(i=1, 2, \ldots, n+1)$ d'un système de la forme

$$x_v = ay, \qquad y_u = bx, \tag{1}$$

a et b étant des fonctions données de u et v.

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 558.

Dans le cas où $a = b$, c'est-à-dire si le système (1) est identique au système adjoint, on a précisément le système envisagé par M. Goursat, aussi nous dirons que la congruence correspondante est une *congruence de M. Goursat*.

On a pour ces congruences un théorème analogue à celui de M. Kœnigs pour les réseaux à invariants égaux. Soient x_{-1} le transformé de Laplace du point x dans le sens des courbes $v = \text{const.}$, y_1 celui de y dans le sens des courbes $v = \text{const.}$ Considérons, dans l'espace linéaire à trois dimensions déterminé par les points x_{-1}, x, y, y_1, le faisceau ponctuel de quadriques qui passent par les droites $x_{-1}x$, $x_{-1}y$, y_1y, y_1x.

Parmi ces surfaces il y en a une, Q_1, ayant en x_{-1}, avec la courbe $u = \text{const.}$ décrite par ce point, un contact du second ordre, et une autre, Q_2, ayant en y_1 avec la courbe $v = \text{const.}$ un contact du même ordre. *Dans le cas général, les quadriques* Q_1 *et* Q_2 *sont distinctes; elles ne sont confondues que si* (x, y) *est une congruence de M. Goursat.*

2. Soit (x) un réseau à invariants égaux dont la suite de Laplace soit périodique à $2p + 1$ termes, c'est-à-dire dont le $(2p + 1)^{\text{ième}}$ transformé de Laplace est identique à (x). Il est aisé de voir que la congruence $(x_p x_{p+1})$, dont les réseaux focaux sont le $p^{\text{ième}}$ et le $(p + 1)^{\text{ième}}$ transformé de Laplace, est une congruence de M. Goursat.

Dans ce cas la quadrique $Q_1 \equiv Q_2$ a en x_{p-1} et en x_{p+2}, respectivement avec les courbes $u = \text{const.}$ et $v = \text{const.}$, des contacts d'ordre au moins égal à trois.

3. Je passe maintenant à la transformation de M. Goursat. Étant donnés une congruence (x, y) de M. Goursat et le système correspondant

$$x_v = ay, \qquad y_u = ax, \tag{2}$$

on cherche d'abord un réseau (z), harmonique à la congruence, dont les tangentes en z par conséquent passent par x et y. Les coordonnées $z_i (i = 1, 2, \ldots, n + 1)$ de z sont définies, à des constantes additives près, par

$$z_u = \xi x, \qquad z_v = \eta y, \tag{3}$$

ξ et η étant une solution de (2). A toute solution x, y de (2), le système (3) fait correspondre une solution z de l'équation de Laplace du réseau (z). En particulier à la solution ξ, η, il correspond la solution ρ, pour laquelle on a

$$\rho_u = \xi^2, \qquad \rho_v = \eta^2.$$

A l'aide de cette solution on peut construire ∞^1 congruences (x', y'), harmoniques à (z), ce sont des congruences de M. Goursat transformées de (x, y).

Il y a ici une propriété caractéristique : *Le point $\bar{z}$, où le rayon xy coupe la droite $z_{-1}z_1$ qui joint les deux transformations de Laplace de z, décrit un réseau.* Par ce même point $\bar{z}$ passent toutes les droites x', y'.

4. Supposons maintenant que la congruence (x, y) soit quadratique, c'est-à-dire que l'on ait

$$\Sigma x_i^2 = 0, \qquad \Sigma y_i^2 = 0.$$

Il est aisé de voir que si, en gardant les notations précédentes, on pose

$$X = 2\Sigma x_i z_i, \qquad Y = 2\Sigma y_i z_i, \qquad Z = \Sigma z_i^2,$$

alors X, Y est une solution de (2) et Z la solution correspondante de (3).

On peut alors construire avec la solution X, Y, à la place de ξ, η, un autre réseau (z') harmonique à (x, y), à l'aide du système

$$z'_u = Xx, \qquad z'_v = Yy$$

et déduire de là une autre solution $X' = 2\Sigma x_i z'_i$, $Y' = 2\Sigma y_i z'_i$ de (2). Puis avec celle-ci on construira un nouveau réseau (z'') et ainsi de suite. On a ainsi, dans ce cas, une succession indéfinie de réseaux harmoniques à (x, y), donc une succession indéfinie de transformées de la congruence (x, y).

On voit par ce bref aperçu l'importance des congruences de M. Goursat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes continus et l'intégration des équations de Maurer.* Note de M. A. **Buhl**.

Il me semble digne de noter, sinon les aperçus qui suivent pris isolément, du moins la manière simple et rapide de les réunir par les procédés les plus ordinaires du calcul différentiel absolu.

On sait, surtout grâce aux travaux de M. E. Cartan, qu'il y a deux théories de la structure des groupes. La première en date est celle de Lie; elle s'appuie sur l'identité de Jacobi entre opérateurs X. La seconde s'appuie sur les équations de Maurer :

$$(1) \qquad \frac{\partial \alpha^{s\nu}}{\partial a_\mu} - \frac{\partial \alpha^{s\mu}}{\partial a_\nu} = c_{jks}\,\alpha^{k\mu}\,\alpha^{j\nu},$$

relatives au groupe paramétrique.

Les équations (1) se généralisent aisément alors qu'il n'en est pas de même du côté de la théorie jacobienne.

La construction du groupe paramétrique est *algébrique* dans des cas étendus.

Les équations (1) sont invariantes lorsqu'on substitue aux a_ρ des b_ρ en nombre égal ou surabondant. On a alors

$$(2) \qquad \frac{\partial A^{s\nu}}{\partial b_\mu} - \frac{\partial A^{s\mu}}{\partial b_\nu} = c_{jks} A^{k\mu} A^{j\nu}, \qquad A^{s\tau} = \alpha^{s\rho} \frac{\partial a_\rho}{\partial b_\tau}.$$

En s'appuyant sur

$$(3) \qquad c_{jks} + c_{kjs} = 0,$$

on peut particulariser, dans (1) ou (2), ces constantes c_{jks}, de manière à retrouver les équations fondamentales de la théorie du trièdre mobile ou des équations de la forme $B = 0$, les B étant des symboles de Riemann à quatre indices.

Enfin passons de (1) à (2) avec $a_\rho = \lambda_\rho t$. L'équation (2) est

$$(4) \qquad \frac{\partial \theta^{s\rho}}{\partial t} - \frac{\partial \lambda^s}{\partial \lambda_\rho} = c_{kjs} \lambda^j \theta^{k\rho},$$

avec

$$\theta^{s\rho} = t\,\alpha^{s\rho}, \qquad \lambda^s = \lambda_\rho \alpha^{s\rho}.$$

L'équation (4) multipliée par λ_ρ donne, d'après (3),

$$\frac{\partial}{\partial t}(t\lambda^s) = \lambda_\rho \frac{\partial \lambda^s}{\partial \lambda_\rho},$$

d'où

$$(5) \qquad \lambda^s = \lambda_p f^{sp}(t\lambda_1, t\lambda_2, \ldots),$$

les f^{sp} étant r^2 fonctions arbitraires. Si l'on substitue dans (4) les λ^s de (5) et que l'on considère les $\theta^{s\rho}$ comme des inconnues, on a un système pour lequel la condition

$$\frac{\partial^2 \lambda^s}{\partial \lambda_\rho \partial \lambda_\tau} = \frac{\partial^2 \lambda^s}{\partial \lambda_\tau \partial \lambda_\rho},$$

redonne encore un système de Maurer, tel que (1) ou (2), écrit avec les variables λ_ρ. Donc, ce dernier système de Maurer est nécessairement intégré dès qu'il en est ainsi pour le système (4).

En général (4) est un système linéaire à coefficients et à membres supplémentaires fonctions de t. Si les f^{sp} ne contiennent que les quotients des $t\lambda_i$

pris deux à deux, le système (4) est à coefficients constants et l'on voit apparaître l'intégration *algébrique*; celle-ci se réduit à celle de Schur, reproduite sans changement par Bianchi ([1]), en 1918, quand les f^{sp} sont nuls pour $p \neq s$ et égaux à 1 pour $p = s$.

D'une manière générale on peut considérer qu'à un tableau carré de r^2 éléments arbitraires f^{sp}, ou qu'à un ds^2 donné, correspond, par le précédent procédé, un groupe fini et continu de structure donnée.

Dans un travail plus étendu, tout ceci sera comparé, beaucoup plus en détail, avec les travaux de divers savants, notamment avec ceux de MM. Cartan, Cotton, Vessiot.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes différentiels dont les inconnues sont des formes de Pfaff.* Note de M. Cartan.

Les équations de Maurer

$$\frac{\partial \alpha^{s\nu}}{\partial a_\mu} - \frac{\partial \alpha^{s\mu}}{\partial a_\nu} = c_{jks}\,\alpha^{k\mu}\alpha^{j\nu}, \tag{1}$$

dont s'occupe M. Buhl dans la Note insérée ci-dessus (p. 954) et qu'il a bien voulu me communiquer, se rattachent à une classe plus générale de systèmes différentiels auxquels s'applique la méthode de Schur, généralisée par M. Buhl.

Considérons le système de r équations

$$(\theta^s)' = \sum_{(i)} c_{ijs}[\theta^i\theta^j] + \sum_{\rho}[\theta^\rho \omega_\rho^s] \qquad (s = 1, \ldots, s) \tag{2}$$

où $\theta^1, \ldots, \theta^r$ désignent r formes de Pfaff inconnues dont les $(\theta^s)'$ sont les covariants bilinéaires, les c_{ijs} étant des fonctions données de n variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n$ et les ω_ρ^s des formes de Pfaff données linéaires en $dx_1, \ldots, dx_n$ avec des coefficients fonctions des x. Les formes inconnues θ^s dépendent des x_i, mais peuvent dépendre d'un nombre quelconque d'autres variables indépendantes $y_1, y_2, \ldots$.

Les équations (1) peuvent se mettre sous la forme (2) en posant

$$\theta^s = \sum_{\rho} \alpha^{s\rho}\, da_\rho;$$

([1]) L. Bianchi, *Lezioni sulla Teoria dei Gruppi continui*, p. 111.

elles s'écrivent alors

$$(\theta^s)' = \sum_{(jk)} c_{jks}[\theta^k \theta^j]; \tag{1'}$$

ici on a $n = 0$, les c_{jks} étant des constantes.

La méthode de Schur suppose essentiellement que les c_{jks} sont les constantes de structure d'un groupe, c'est-à-dire qu'elles satisfont à certaines relations algébriques qui expriment précisément que le système (1') est *complètement intégrable*. Les conditions d'intégrabilité complète pour le système plus général (2) s'obtiennent en écrivant que les dérivées extérieures des seconds membres de (2) sont identiquement nulles (quelles que soient les formes θ^s), quand on y remplace les $(\theta^s)'$ par leurs valeurs tirées de (2).

Cela posé, si le système (2) est complètement intégrable, il admet une infinité de solutions; mais elles peuvent toutes se déduire d'une d'entre elles jouissant des propriétés suivantes :

1° Les θ^s dépendent des x_i et de r autres variables indépendantes $y_1, \ldots, y_r$;

2° Il est impossible de les exprimer au moyen des x_i et de moins de r combinaisons des x_i et des y_i.

Si une telle solution jouit de ces propriétés, toutes les autres s'en déduisent en y remplaçant les y_i par des fonctions arbitraires des x_i et d'un nombre quelconque d'autres variables $z_1, z_2, \ldots$ (nombre qui peut être nul, inférieur, égal ou supérieur à r).

La méthode d'intégration qui généralise celle de Schur consiste à introduire une variable t et r autres variables $u_1, \ldots, u_r$, et à poser

$$\theta^s = u_s dt + \overline{\theta}^s, \tag{3}$$

les $\overline{\theta}^s$ étant linéaires en dx_i et du_j. Les θ^s considérés comme fonctions de t satisfont aux équations différentielles linéaires

$$\frac{\partial \overline{\theta}^s}{\partial t} = du + \sum_{i.j} c_{ijs} u_i \overline{\theta}^j - \sum_{\rho} u_\rho \omega_\rho^s. \tag{4}$$

Il suffit de déterminer la solution de ces équations qui correspond aux conditions initiales $\overline{\theta}^s = 0$ pour $t = 0$, pour que les formes de Pfaff θ^s qui s'en déduisent d'après (3) satisfassent aux équations (2). Les formes θ^s ne dépendent du reste que des x^i et des r produits $u_s t$.

On pourrait plus généralement prendre pour u_s des fonctions arbitraire-

ment données des x_i, de t et de r variables indépendantes $\lambda_1, \ldots, \lambda_r$; il faudrait alors, dans les équations (4), calculer du_s en regardant t comme un paramètre.

La méthode de M. Buhl consiste à prendre pour les u_s des fonctions homogènes et du premier degré par rapport aux $r+1$ quantités λ_i et $\frac{1}{t}$: dans ces conditions les θ^s ne dépendent encore que des r produits $\lambda_i t$.

Les équations (2) peuvent se généraliser de diverses manières. L'une de ces généralisations trouve son application dans la théorie de la structure des groupes infinis, quand il s'agit de démontrer le théorème analogue au troisième théorème fondamental de Lie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Chemins de détermination et valeurs asymptotiques des fonctions algébroïdes.* Note de M. **Georges-J. Rémoundos.**

1. On sait l'importance des notions des chemins de détermination et des valeurs asymptotiques des fonctions uniformes dans le voisinage de l'infini et des résultats qui s'y rattachent.

Il est intéressant d'introduire des notions analogues pour les fonctions multiformes et d'établir des résultats analogues, c'est ce que je ferai dans cette Note.

Soit $u=f(z)$ une fonction à ν branches dans le voisinage de l'infini, définie par l'équation

$$(1)\qquad F(z, u) = u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)u + A_\nu(z) = 0,$$

les $A_i(z)$ étant des fonctions holomorphes dans le voisinage de l'infini.

Un chemin continu Γ allant à l'infini sera appelé *chemin de détermination complète* $(u_1, u_2, u_3, \ldots, u_\nu)$ pour la fonction $u=f(z)$, lorsque l'ensemble E des valeurs de $u=f(z)$ sur le chemin Γ n'admet comme points limites que les nombres donnés $u_1, u_2, u_3, \ldots, u_\nu$, dont le système sera appelé *asymptotique*.

Deux chemins Γ_1 et Γ_2 de détermination complète pour la fonction multiforme $u=f(z)$, seront appelés *non contigus*, lorsqu'il en est ainsi pour chacune des fonctions uniformes, pour lesquelles ils sont aussi de détermination.

Cela posé, *le théorème de Carlemann* [1] *sur le nombre des chemins de déter-*

---

[1] Voir G. Valiron, *Fonctions entières et méromorphes* (*Mémorial des sciences mathématiques*, fasc. II, p. 36, Paris, Gauthier-Villars, 1925).

mination fini non contigus des fonctions uniformes s'étend juste aux fonctions multiformes ci-dessus indiquées pour les chemins de détermination complète.

Lorsqu'un chemin Γ n'est pas de détermination complète pour $u = f(z)$, mais qu'il existe un nombre u_1 tel que le chemin Γ soit de détermination *zéro* pour la fonction uniforme $F(z, u_1)$, nous dirons que le chemin Γ est de *détermination incomplète* u_1 et la valeur u_1 sera appelée *asymptotique* pour notre algébroïde $u = f(z)$. On a le théorème :

S'il existe, pour la fonction à ν *branches* $u = f(z)$, *sur le même chemin* Γ, ν *valeurs asymptotiques* $u_1, u_2, u_3, \ldots, u_\nu$ *distinctes, le chemin* Γ *est de détermination complète* $u_1, u_2, u_3, \ldots, u_\nu$ *et ces valeurs forment un système asymptotique.*

2. On connaît l'important théorème de M. H. Milloux concernant les fonctions uniformes admettant la valeur *zéro* comme asymptotique [voir le livre de M. Valiron ci-dessus cité, p. 19] et donnant une propriété qui comporte deux cas. En tenant compte de ce résultat de M. Milloux, nous obtenons le théorème suivant :

S'il existe $\nu + 1$ *valeurs asymptotiques finies distinctes* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_\nu$ *nous aurons le second cas de M. Milloux pour l'une au moins des fonctions uniformes* $F(z, u_i)[i = 0, 1, 2, 3, \ldots, \nu]$.

Ce théorème est susceptible d'interprétations et de conséquences intéressantes pour les valeurs de la fonction multiforme $u = f(z)$, dont je m'occuperai dans un travail.

MÉCANIQUE. — *Sur le changement de vitesse de la courroie au voisinage de sa prise de contact avec la poulie.* Note [1] de M. SWYNGEDAUW, présentée par M. G. Kœnigs.

Une courroie peut être considérée comme formée de lamelles minces parallèles et adhérentes entre elles qui, sensiblement planes dans le brin tendu ou le brin mou, deviennent cylindriques sur la poulie; de sorte que deux lamelles élémentaires de longueur égale quand elles font partie d'un même segment de brin tendu, prennent sur la poulie des longueurs proportionnelles à leur distance à l'axe de la poulie. Nous nous sommes demandé comment se fait ce passage du brin tendu à la poulie ou inversement.

---

[1] Séance du 12 mars 1926.

Une expérience très simple montre que lorsqu'une portion de courroie passe du brin tendu ou mou sur la poulie, la face concave ou interne appliquée contre cette poulie se raccourcit en même temps que la face convexe (tournée vers l'extérieur) s'allonge et ces variations de longueur dépendent du diamètre de la poulie, de la nature et de l'épaisseur de la courroie du côté appliqué sur la poulie, et de l'échantillon lui-même.

La longueur spécifique moyenne de la lamelle extérieure ou intérieure peut se déterminer par une série de mesures sur les diverses bandes dont se compose la courroie, mais on obtient une mesure plus commode, plus précise et plus générale par le procédé suivant :

Sur la face externe d'une courroie on fait rouler une roue caoutchoutée dont le point de contact avec la courroie est fixe dans l'espace.

S'il n'y a pas de glissement appréciable, le chemin parcouru par le point de la courroie en contact avec la roue est égal à celui parcouru par un point de la roue; de sorte que pour une révolution entière de la courroie, le nombre de tours faits par la roue considérée mesure la longueur totale du très grand nombre N d'éléments en lesquels on peut supposer subdivisée la courroie.

Chaque élément est soumis à une tension et possède une longueur spécifique différente d'un point de l'espace à un autre; suivant le point de contact de la roue avec la courroie, les N éléments de celle-ci ont ainsi une longueur totale différente mesurée par le nombre de tours de roue qui correspond à une révolution totale de cette courroie.

Les longueurs spécifiques moyennes sont proportionnelles aux longueurs de courroie ainsi mesurées en nombre de tours de roue et il résulte, conformément à une remarque de M. Rateau rappelée dans une Note précédente [1], que les vitesses moyennes dont sont animés les éléments superficiels de la courroie en passant par divers points de l'espace, sont proportionnelles aux longueurs totales de la courroie relevée par la méthode de roulement pour les points considérés.

Si L et L′ sont des longueurs de courroie relevées en deux points M et M′; V et V′ les vitesses en ces points, on peut écrire

$$\frac{L - L'}{L'} = \frac{V - V'}{V'}.$$

On peut évaluer le premier membre de cette égalité en mesurant L et L′;

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 616.

à cet effet on fait tourner la poulie à la main et l'on compte le nombre de tours et la fraction de tour faits par la roue pour une révolution entière de la courroie; on peut évaluer le second membre pour un régime de vitesse quelconque de la courroie, en mesurant la vitesse V' de la poulie et la différence $V - V'$ par la méthode stroboscopique des deux chariots indépendants, décrite dans une Note précédente (¹), l'un roulant sur la courroie, l'autre sur un bourrelet de rayon connu et faisant corps avec la poulie.

Voici, à titre d'exemple, les résultats d'une expérience sur une courroie en cuir de 4^{mm} d'épaisseur, de 320^{mm^2} de section, tendue à la tension de 190^g par millimètre carré et appliquée côté chair sur les deux poulies de 200^{mm} de diamètre de deux dynamos-frein identiques distantes de 3^m d'axe à axe.

Les mesures suivantes ont été faites en une dizaine de points pris de part et d'autre du plan vertical de contact du brin tendu de la courroie avec la poulie. Les mesures stroboscopiques se rapportent à une marche à vide à une vitesse de 12^m par seconde, les poulies tournant à peu près à 1200 tours par minute.

Dans le tableau suivant, L' et V' désignent la longueur et la vitesse correspondantes à un point M' situé sur le brin tendu à 50^{mm} du point O où la courroie entre en contact avec la poulie.

	Sur brin tendu.				*Sur poulie.*				
Distance MO en mm.	—50	—30	—10	0	+4,5	+ 9	+ 18	+ 27	+ 36
$\frac{(L - L')}{L'} \times 10^4$....	0	1,4	25	68	112	174	244	244	244
$\frac{(V - V')}{V'} \times 10^4$....	0	0	34	78	136	180	242	250	246

1° Si l'on porte en abscisse la distance MO et en ordonnée les accroissements relatifs de vitesse ou de longueur spécifique, $\frac{V - V'}{V'}$ ou $\frac{L - L'}{L'}$, on obtient deux courbes se superposant presque parfaitement, ce qui est une nouvelle *confirmation de la méthode stroboscopique utilisée* et de *l'exactitude pratique de la proportionnalité des vitesses aux longueurs spécifiques mesurées statiquement.*

2° Au moment de la prise de contact de la courroie avec la poulie (de 20^{cm} de diamètre), *la vitesse d'un élément de sa face externe augmente progressivement à partir de 40 à 50^{mm} avant le contact de la face interne avec la poulie*

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 441.

et l'augmentation se poursuit énergiquement au delà de la ligne de contact jusqu'à 20^{mm} *environ de cette dernière; elle atteint pour la courroie cuir considérée une valeur égale à* 0,025 *de la vitesse du brin tendu si le côté chair est appliqué sur la poulie et seulement* 0,011 *si la courroie touche la poulie par le côté fleur.*

Au moment où la courroie quitte la poulie, la vitesse d'un élément de la surface externe baisse progressivement à partir de 20^{mm} *environ avant la cessation du contact de la face interne de la courroie avec la poulie, puis cette diminution s'accélère très rapidement pour cesser sensiblement* 50^{mm} *après la cessation du contact avec le brin tendu ou le brin mou.*

Les lois sont analogues sans être identiques pour le brin menant ou mené, la poulie menante ou menée.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la perturbation magnétique et l'aurore boréale du* 14 *avril* 1926. Note de MM. **F. Baldet**, **V. Burson** et **H. Grenat**, présentée par M. H. Deslandres.

A l'Observatoire de Meudon, le magnétographe enregistreur a été placé tout près des appareils spéciaux (spectrohéliographes) qui relèvent les quatre couches, actuellement reconnues dans le Soleil (surface, couches basse, moyenne et supérieure de l'atmosphère). Le papier photographique employé est de ceux qui noircissent sans développement, et, à tout instant, l'observateur solaire peut avoir sous les yeux les variations de l'aiguille aimantée dans les 48 heures qui précèdent. De plus, on a organisé un système avertisseur qui, pour une grande déviation de l'aiguille, met en branle une sonnerie, non seulement dans le bâtiment du spectrohéliographe, mais dans le laboratoire de physique, établi à 400^{m} plus loin, dans les communs du château.

Or, le 14 avril, à 14^{h}, la sonnerie du magnétographe s'est fait entendre dans le laboratoire; l'aiguille aimantée avait subi une forte déviation, la plus forte des trois derniers mois. Comme le ciel était bien découvert, l'observation du Soleil a été reprise immédiatement, et l'astronome d'Azambuja, chargé du grand spectrohéliographe, a obtenu plusieurs belles épreuves des couches solaires.

Le soir venu, comme une aurore boréale était à prévoir, nous sommes restés sur la terrasse supérieure, pour surveiller le ciel au nord. Or, à 20^{h}52^{m}, la Lune étant couchée et le ciel pur, nous avons aperçu au Nord-

Ouest un jet auroral vertical, blanchâtre, assez intense, et accompagné sur le côté gauche d'un second jet plus petit qui se fondit peu à peu dans le premier. Le jet principal s'est élevé à une hauteur de 30° à 35°; mais le phénomène a été très court et a duré seulement 45 secondes environ. Au même moment exactement, l'aiguille aimantée a été déviée vers l'Est; c'était la seconde déviation forte de la journée, la première étant celle de 14^h.

Plus tard, dans la seconde partie de la nuit, à minuit 25^m, une troisième déviation de l'aiguille, vers l'Est, encore plus forte, a eu lieu; mais nous avions alors quitté le poste d'observation, et nous ne savons pas si elle a été accompagnée aussi d'une aurore simultanée. L'observation a été reprise de 1^h du matin jusqu'à l'aube par Grenat, qui n'a constaté rien d'anormal.

Cette coïncidence d'un jet auroral et d'une déviation magnétique a paru digne d'être signalée. Le phénomène terrestre, comme on sait, est attribué à une action spéciale du Soleil; mais, le 14 avril, les taches visibles, et aussi les facules étaient plutôt petites; seuls les filaments de la couche supérieure et les protubérances, relevés par d'Azambuja, étaient bien développés.

Un autre point intéressant est à signaler. L'intervalle du temps qui sépare l'orage magnétique du 14 avril de l'orage précédent du 9 mars, accompagné aussi d'une aurore, est presque exactement de $8R/6$, R étant la durée de rotation synodique des taches. Dans une Note précédente [1] M. Deslandres avait remarqué que les 7 orages enregistrés en 1926 et comptés à partir du 13 janvier, $21^h 20^m$, correspondent aux multiples de $R/6$, égal à 4 jours $13^h 20^m$, soit aux multiples 0, 1, 2, 3, 9, 11 et 12. Le huitième orage, qui est celui du 14 avril, se conforme à cette règle simple; l'intervalle qui le sépare de l'orage du 13 janvier est de 90 jours, $16^h 40^m$, et est très voisin de $20R/6$ égal à 91 jours $2^h 25^m$ [2].

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Transformation des équations pré-quantiques.* Note de M. **Raoul Ferrier**, transmise par M. Paul Painlevé.

M. Einstein a démontré, en 1905, que les équations du champ électromagnétique, telles qu'elles résultent de la théorie de Maxwell (champ non divergent en dehors des masses), se transforment en elles-mêmes lorsque l'on y opère le changement de variables défini par le groupe de Lorenz. Les

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 733.

(2) La date adoptée pour ces orages est celle de la première déviation, en général forte et très brusque.

nouvelles expressions qui définissent alors le champ électrique $X'Y'Z'$ et le champ magnétique $L'M'N'$ sont :

$$X' = X, \qquad L' = L,$$
$$Y' = \frac{1}{\lambda}\left(Y - \frac{v}{c}N\right), \qquad M' = \frac{1}{\lambda}\left(M + \frac{v}{c}Z\right),$$
$$Z' = \frac{1}{\lambda}\left(Z + \frac{v}{c}M\right), \qquad N' = \frac{1}{\lambda}\left(N - \frac{v}{c}Y\right),$$
$$\lambda = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Or, l'étude du champ électrique dans le cas des phénomènes quantiques m'a conduit à considérer les équations suivantes, qui régissent le phénomène durant la période qui précède la formation des points singuliers dans l'éther (oscillateurs de Planck). Dans ces équations, $\mathcal{A}$ désigne une quantité scalaire que j'ai nommée *ampérien*, et qui tient, d'une certaine manière, dans les champs électriques *irrotationnels* considérés ici, la place du champ magnétique dans le cas des champs *sans divergence*, envisagés seuls par Maxwell. Ces équations pré-quantiques sont :

$$\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z} = 0, \qquad \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial x} = -\frac{1}{c}\frac{\partial X}{\partial t},$$
$$\frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial y} = -\frac{1}{c}\frac{\partial Y}{\partial t},$$
$$\frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{\partial Z}{\partial t},$$
$$\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} = \frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial t}.$$

Ces équations sont transformées en elles-mêmes, non pas lorsque l'on effectue le changement de variables de Lorenz, mais bien lorsqu'on adopte le changement conjugué, c'est-à-dire celui qui se déduit du groupe de Lorenz en y remplaçant c^2 par $-c^2$. Ce nouveau groupe, ainsi que les modifications correspondantes de X, Y, Z et $\mathcal{A}$, sont donnés par les expressions

$$x' = \frac{1}{\mu}(x - vt), \qquad X' = \frac{1}{\mu}\left(X + \frac{v}{c}\mathcal{A}\right),$$
$$y' = y, \qquad Y' = Y,$$
$$z' = z, \qquad Z' = Z,$$
$$' = \frac{1}{\mu}\left(t + \frac{vx}{c^2}\right); \qquad \mathcal{A}' = \frac{1}{\mu}\left(\mathcal{A} - \frac{v}{c}X\right);$$
$$\mu = \sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}.$$

Par exemple, la vérification peut être opérée immédiatement sur la dernière des équations pré-quantiques, qui s'écrit

$$\frac{1}{\mu}\frac{\partial X}{\partial x'} + \frac{v}{\mu c^2}\frac{\partial X}{\partial t'} + \frac{\partial Y}{\partial y'} + \frac{\partial Z}{\partial z'} = \frac{1}{\mu c}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial t'} - \frac{v}{\mu c}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial x'},$$

c'est-à-dire

$$\frac{\partial}{\partial x'}\frac{1}{\mu}\left[X + \frac{v}{c}\mathcal{A}\right] + \frac{\partial Y}{\partial y'} + \frac{\partial Z}{\partial z'} = \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t'}\frac{1}{\mu}\left[\mathcal{A} - \frac{v}{c}X\right].$$

Cette propriété montre que la formule d'intervalle d'univers, donnée par Minkowski et adoptée par M. Einstein, ne peut convenir aux phénomènes quantiques que si l'on y remplace c^2 par $-c^2$. Il ne semble donc pas qu'une même théorie de Relativité (dans le sens où ce terme est admis aujourd'hui) puisse comprendre à la fois les lois de *propagation* et les lois de *quanta*, justiciables de deux groupes différents.

RADIOCHIMIE. — *Absorption des rayons ultraviolets par les aldéhydes.* Note de M. **Svend Aage Schou**, présentée par M. J. Perrin.

L'étude quantitative des spectres d'absorption ultraviolets des aldéhydes aliphatiques a été faite, en 1912, par Victor Henri et J. Bielecki (1); ils ont montré que tous les aldéhydes possèdent une bande d'absorption, caractéristique du carbonyle $-C\langle^{H}_{O}$, dont le maximum se trouve en solution aqueuse vers $\lambda = 2780$ Å et le coefficient d'absorption moléculaire ε (défini par $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 . 10^{-\varepsilon c d}$) est égal à 6,2, 10 et 13 pour les trois aldéhydes en C_2, C_3 et C_4.

Ces auteurs avaient trouvé que du côté ultraviolet l'absorption diminue d'abord, passe par un minimum entre 2400 et 2300 et augmente ensuite de plus en plus, de sorte que, déjà pour 2200, elle devient supérieure à celle du maximum de la bande du carbonyle. Cette absorption des régions extrêmes de l'ultraviolet était attribuée aux groupes CH^3 et CH^2.

Cette interprétation est difficile à admettre, puisque dans les carbures saturés bien purifiés, ainsi que dans les alcools saturés, ces groupes absorbent excessivement peu les rayons ultraviolets, même jusqu'à 1900 Å. On peut se demander si cette absorption de l'ultraviolet extrême par les aldéhydes ne peut pas être attribuée à la formation d'une certaine proportion de forme énolique $\rangle C : C\langle^{H}_{OH}$, le groupe éthylénique possédant une

(1) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 456.

absorption très forte ($\varepsilon > 10000$ pour $\lambda = 2000$) dans l'ultraviolet extrême.

Nous avons étudié les spectres d'absorption des aldéhydes en solution aqueuse et hexanique, ainsi qu'à l'état de vapeur, en apportant un soin tout particulier à la purification des solvants et des aldéhydes par les méthodes employées au laboratoire de V. Henri (¹). (Distillations fractionnées nombreuses dans des appareils en verre n'abandonnant pas d'alcali; photographie du spectre immédiatement après dans des tubes Baly en quartz rodé, ayant des fenêtres de quartz soudées.)

Résultats. — 1° Les aldéhydes acétique et propionique possèdent une bande vers $\lambda = 2800$; la position exacte ainsi que la valeur du coefficient d'absorption sont données dans le tableau.

Du côté visible on trouve un léger épaulement entre 3100 et 3300. Cet épaulement correspond à une deuxième bande plus faible. Dans le spectre de vapeur on trouve à cet endroit une série de bandes très étroites, dont la distribution a été étudiée par nous avec M. V. Henri.

Du côté ultraviolet l'absorption diminue, passe par un maximum entre 2250 et 2100 et augmente ensuite très légèrement. L'absorption des rayons ultraviolets extrêmes ($\lambda = 2000$ Å) est beaucoup plus faible que celle trouvée par V. Henri et J. Bielecki, qui n'avaient pas à ce moment purifié les corps avec le même soin.

	Aldéhyde acétique.		Aldéhyde propionique.		Chloral.
	Solution aqueuse.	Solution hexanique.	Solution aqueuse.	Solution hexanique.	Solution hexanique.
Maximum λ	2778	2934	2765	2895	2900
» ε	8,7	11,8	9,1	18,2	33,0
Épaulement λ	3175	3330	3175	3330	3270
» ε	0,7	1,2	0,6	0,9	6,7
Minimum λ	2150	2225	2160	2245	2440
» ε	0,24	0,68	0,32	0,95	4,6
Absorp. pour 2000 Å ε	0,35	1,5	0,7	1,8	-

2° Le fait que l'absorption est plus forte en solution hexanique que dans l'eau, s'interprète par la formation d'hydrate d'aldéhyde en solution aqueuse. En effet la bande que présente le chloral en solution hexanique disparaît complètement en solution aqueuse (formation d'hydrate de chloral). De même l'aldéhyde formique dans l'eau ne présente pas de bande pour

(¹) A. Castille et V. Henri, *Méthodes de purification des solvants organiques : alcool, éther, hexane* (*Bull. Soc. Chim. Biolog.*, 6, mars 1924, p. 299).

$\lambda = 2800$, tandis que dans l'hexane on trouve une bande et à l'état de vapeur l'aldéhyde formique pur et non polymérisé présente un très grand nombre de bandes très fines.

La proportion d'hydrate déduite de la différence entre l'absorption des solutions hexanique et aqueuse est égale pour l'aldéhyde acétique à 26 pour 100 et pour l'aldéhyde propionique à 50 pour 100. Déjà en 1905 J. Humfray [1] déduisait des mesures réfractométriques que l'aldéhyde acétique possède dans l'eau 40 pour 100 d'hydrate.

3° L'absorption des rayons ultraviolets extrêmes par les aldéhydes bien purifiés est très faible. Si l'on attribue cette absorption à l'existence de forme énolique, la proportion de cette forme en solution aqueuse neutre et fraîche est certainement *inférieure* à $\frac{1}{15000}$.

Nous avons étudié l'influence de l'alcalinisation et avons trouvé une très forte augmentation de la forme énolique déjà pour des proportions très faibles d'alcali.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anomalies de chaleurs spécifiques des corps vitreux. Cas de l'anhydride borique et de la glycérine.* Note de MM. **Michel-O-Samsœn** et **P. Mondain Monval**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans de précédentes Notes [2], l'un de nous a signalé récemment les anomalies de dilatation éprouvées par un certain nombre de corps à l'état vitreux, à une température inférieure d'une trentaine de degrés environ à celle de ramollissement, anomalies mises en évidence par des mesures du coefficient de dilatation de ces divers corps effectuées soit au dilatomètre ordinaire, soit au dilatomètre différentiel de Chevenard, les résultats obtenus par ces deux méthodes étant en parfait accord. Il nous a paru intéressant de tenter de retrouver ces anomalies en étudiant une propriété physique très différente, par une méthode plus laborieuse, moins rapide et légèrement moins sensible sans doute, très capable néanmoins de mettre en évidence les transformations subies par les corps étudiés et permettant en outre d'apprécier la grandeur de l'effet thermique mis en jeu par ces transformations. Aussi avons-nous entrepris la mesure des chaleurs spécifiques

(1) *J. Chem. Soc.*, **87**, 1905, p. 1430.

(2) Michel-O-Samsœn, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 354, et **182**, 1926, p. 517.

et des chaleurs d'échauffement pour deux des corps en question : l'anhydride borique et la glycérine.

Le mode opératoire utilisé a été récemment indiqué par l'un de nous dans une étude calorimétrique des propriétés du soufre visqueux (¹). Une masse connue de B^2O^3 (14g,4), enfermée dans un tube de laiton soudé, était portée dans une étuve électrique à une température T°. Elle était ensuite projetée dans un calorimètre où elle se refroidissait en quelques minutes jusqu'à la température *t*°, voisine de 15°, le contact avec l'eau du calorimètre n'ayant pas lieu immédiatement. Nous avons opéré à une série de températures T° variant de 180° à 275°, l'anomalie devant être voisine de 245°. Les résultats obtenus sont résumés dans le graphique suivant (*fig.* 1) où nous avons porté

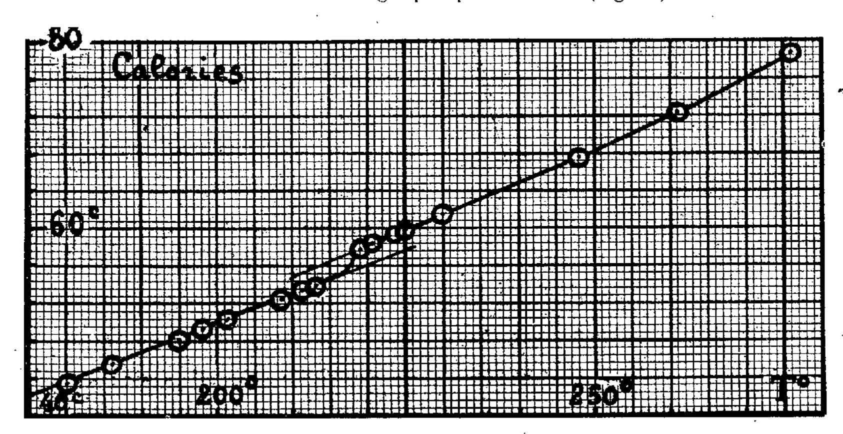


Fig. 1. — Chaleurs de refroidissement de l'anhydride borique.

en abscisses les températures T auxquelles était porté l'anhydride borique et en ordonnées les quantités de chaleurs correspondantes abandonnées par 1g de B^2O^2 en se refroidissant de T° à 15° au sein du calorimètre. On remarquera sur la courbe des chaleurs de refroidissement ainsi obtenue une discontinuité nette pour T = 218°, discontinuité correspondant à une chaleur de transformation voisine de 2,3 cal. gr. La chaleur spécifique à la température T est donnée en chaque point par la tangente à la courbe. Elle est passée de 0,302 au-dessous de 218° à 0,344 au-dessus.

Nous retrouvons donc bien l'anomalie signalée par les méthodes dilatométriques, mais à une différence près : celle de la température de transformation. Les méthodes dilatométriques ont fixé celle-ci à 245° et les présentes recherches à 218°. Il existe donc entre ces températures qui devraient coïncider un écart de 27°, écart quelque peu choquant, difficile à expliquer, mis du reste déjà en évidence dans le cas des verres et que nous rencontrons encore dans nos recherches sur la glycérine.

Pour ces dernières, nous avons un peu modifié notre technique expérimentale, la température de l'anomalie dilatométrique étant voisine de — 62°, en remplaçant notre

(¹) P. Mondain Monval, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 58.

étuve électrique par un cryostat. Nous opérions tantôt dans un mélange de neige carbonique et d'acétone, tantôt dans de l'éther de pétrole refroidi extérieurement par de l'air liquide et maintenu à température constante par une résistance chauffante intérieure, l'agitation de l'éther étant obtenue au moyen d'air comprimé bien desséché.

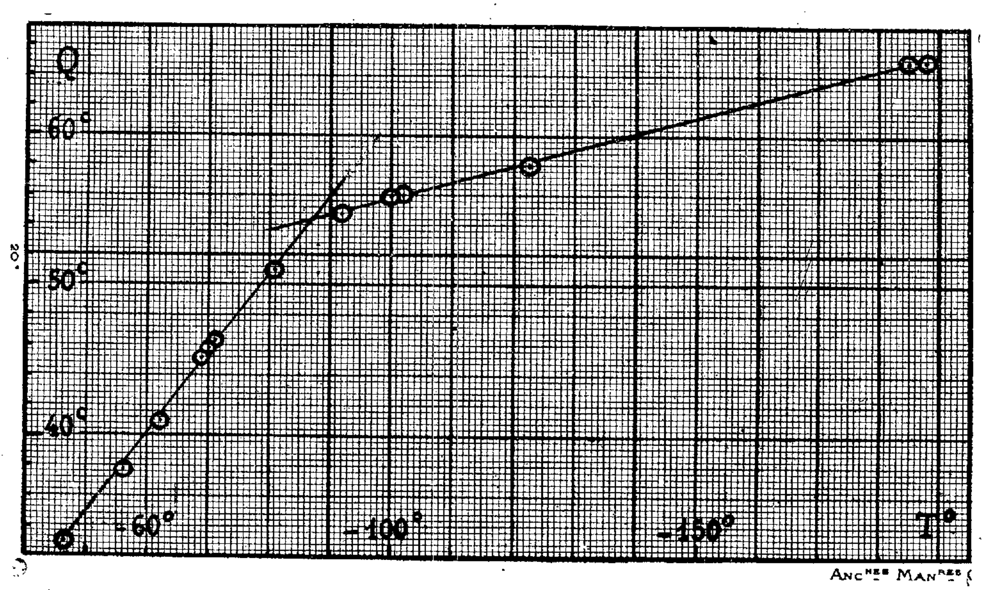


Fig. 2. — Chaleurs d'échauffement de la glycérine.

Le graphique ci-dessus (*fig.* 2) contient les résultats de nos mesures portant sur un même échantillon de 29g,2 de glycérine pure et anhydre enfermée dans un cylindre de laiton soudé. Q est le nombre de calories que nécessite 1g de glycérine refroidi à — T° pour s'échauffer de — T° à + 15° dans l'eau du calorimètre. On remarquera la discontinuité très nette dans la courbe des chaleurs d'échauffement à $T = -87°$. Il n'apparaît pas toutefois de chaleur de transformation. En revanche, la chaleur spécifique varie dans des proportions considérables. Elle passe de 0,107 au-dessous de — 87° à 0,535 au-dessus, mettant ainsi en évidence l'anomalie trouvée antérieurement par dilatométrie, mais comme dans le cas de l'anhydride borique, avec un écart de température de 25° environ.

Nous avons donc retrouvé au calorimètre par des mesures de chaleurs spécifiques et de chaleurs d'échauffement les anomalies signalées pour l'anhydride borique et la glycérine par voie dilatométrique, à un léger décalage près des températures de transformation. Cette variation brusque des propriétés physiques de ces corps, qui a déjà été observée chez les verres au voisinage de leur point de ramollissement, semble être une particularité très remarquable de l'état vitreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les orangés et les rouges d'uranium.* Note de MM. **V. Auger** et **J.-N. Longinescu**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous [1] a montré que, contrairement à l'opinion de Kohlschütter [2], le rouge d'uranium est un complexe dans lequel le soufre est à l'état de sulfure simple et non pas de polysulfure. Ce résultat simplifie beaucoup la théorie de la formation de ce composé et fait tomber toutes les explications compliquées, basées sur une oxydation catalytique, imaginées par Kohlschütter.

Les composés analysés en 1919 avaient été obtenus en saturant par SH^2 les complexes oxygénés formés tout d'abord en ajoutant une quantité convenable d'alcali à un sel d'uranyle. Nous avons cette fois-ci opéré d'une façon différente et précipité directement une solution diluée de nitrate d'uranyle par une quantité déterminée de sulfure alcalin. Les proportions employées ont été trouvées par une série d'essais effectués en faisant varier les réactifs jusqu'à l'obtention d'un produit présentant la coloration rouge ou orangée la plus franche. Il n'est pas possible d'opérer autrement, car tous les produits obtenus sont amorphes et aucun autre phénomène ne pouvait nous guider.

Rouge de baryum. — En opérant comme nous venons de le dire, nous avons constaté que les précipités sont rouges dès le début; ils foncent en couleur, et le maximum de coloration est obtenu par l'emploi d'une quantité de $Ba(SH)^2$ qui correspond à la fixation de 2Ba sur 5U. L'analyse du produit lavé a fourni les résultats suivants que nous exprimons par les rapports atomiques des composants.

	I.	II.	III.
U	4,87		
Ba	2	2	2
S	1,97	1,96	2,06

La formule la plus simple devient ainsi $5UO^3$, $2SH^2$, $2BaO$, qu'on peut mettre sous la forme du sel complexe $[U^5O^{16}S^2H]Ba^2H$.

Les analyses ont été effectuées sur le produit en pâte à cause de l'altération qu'il subit à la dessiccation; celui qui est amené à poids constant au dessiccateur ou à l'étuve à 40°, perd 2 pour 100 de son poids à 110° et n'est

(1) V. Auger, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **25**, 1919, p. 351.

(2) Kohlschutter, *Lieb. Ann.*, **314**, 1901, p. 311.

détruit que vers 150°, sans perte de poids jusqu'à cette température. Le rouge non altéré est soluble en ClH dilué en dégageant SH^2 et donnant une solution limpide de sel d'uranyle. Tous nos essais effectués en vue d'obtenir un complexe orangé ont échoué.

Orangé de potassium. — La solution de sel d'uranyle est additionnée de KOH dans la proportion de 10KOH pour 5U, puis on a versé des quantités croissantes de solution de SK^2 en choisissant le produit dont la couleur orangée était la plus vive.

La proportion des réactifs employés correspondrait alors à la reaction :

$$5(NO^3)^2UO^2 + 10KOH + 2SK^2 + nH^2O = 10NO^3K + 5H^2O + 5UO^3, 2SK^2, nH^2O.$$

Après enlèvement des sels solubles par lavages à l'eau froide, le produit humide analysé a donné les rapports atomiques suivants :

	I.	II.	III.
U	5	5	5
K	»	3,97	5
S	1,9	2	2,04

L'orangé séché à l'étuve à 40° perd à 110° environ 3,6 pour 100 de son poids.

Rouge de potassium. — Le complexe orangé additionné d'un excès de KOH vire au rouge vif. La quantité de réactif nécessaire varie suivant la proportion d'eau en présence; avec peu d'eau 1^{mol} de KOH suffit, sinon il faut un un excès notable d'alcali. Ces faits, notés déjà par Kohlschütter, montrent que l'hydrolyse joue un grand rôle et que par conséquent l'anion complexe $[U^5O^{16}S^2H^2]^{IV}$ est très faible.

L'analyse du rouge a donné pour 5 at. de U, S = 1,95 et K = 5,11. La perte de poids à 110° du rouge séché à 40° est de 4,5 pour 100 environ.

Le rouge en suspension dans l'eau, traité par SH^2, devient orangé en perdant 1 K; ceci confirme la faiblesse de l'anion, constatée plus haut, et montre qu'il est plus faible que $(SH)^-$. Si l'on tient compte de l'eau qui est gardée par ces produits au dessiccateur à froid, on peut leur attribuer les formules :

Orangé	$[U^5O^{16}S^2H]K^4H, 4H^2O$
Rouge	$[U^5O^{16}S^2H]K^5, 4,5H^2O$

Orangé et rouge d'ammonium. — En opérant comme pour les sels de K on obtient ces deux composés. L'analyse des pâtes a fourni comme rapports moléculaires :

	U.	S.	NH^4.
Orangé	5	1,9	3,66 à 4
Rouge	5	1,9	4,8 à 5

Ces complexes sont bien moins stables que ceux de K; en particulier le rouge ne se forme qu'en présence d'un grand excès de AmOH. Quant à la teneur en eau, on a pu la déterminer pour l'orangé qui perd, de 40° à 110°, 4,6 pour 100 de son poids et reprend cette eau à la température ordinaire. Cela correspond à $4H^2O$. Le rouge, moins stable à chaud, perd à 110° à la fois de l'eau et du SH^2 et se transforme partiellement en uranate d'ammonium.

En résumé nos analyses confirment nos premiers résultats : les orangés et rouges d'uranium sont des sels amorphes insolubles provenant d'un acide thiouranique $U^5O^{16}S^2H^6$ ou $U^{10}O^{31}S^4H^{10}$. Cet acide joue le rôle d'anion pentavalent pour les rouges de potassium et d'ammonium, et celui d'anion tétravalent pour les orangés correspondants et le rouge de baryum. Ces sels sont décomposés par les acides en donnant les sels d'uranyle et SH^2; les carbonates alcalins les dissolvent difficilement mais complètement en formant les uranylcarbonates solubles bien connus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation du manganèse en acide permanganique par le réactif de Proctor Smith (persulfate alcalin + nitrate d'argent).* Note de M. **A. Travers**, présentée par M. C. Matignon.

Le mélange des solutions de persulfate alcalin et de nitrate d'argent est générateur de peroxyde d'argent, qu'on peut isoler sous la forme de combinaison double : $3Ag^2O^2.NO^3Ag$; cette combinaison, à l'aspect gris d'acier, se sépare facilement, quand on mélange à froid une solution concentrée (25 pour 100) de NO^3Ag à une solution également concentrée de persulfate d'ammoniaque. Elle avait déjà été signalée par Schucht [1] dans l'électrolyse du nitrate d'argent.

La combinaison obtenue n'est pas stable en milieu très dilué, et le peroxyde d'argent qui en résulte se détruit.

La réaction de formation de ce composé double est en réalité une réaction

---

[1] *Zeit. f. analyt. Chem.*, **22**, 1883, p. 485.

d'équilibre : on peut l'écrire

(1) $$7NO^3Ag + 3S^2O^8(NH^4)^2 + 6H^2O \rightleftharpoons 3Ag^2O^2.NO^3Ag + 3SO^4(NH^4)^2 + 3SO^4H^2 + 6NO^3H.$$

Les acides formés décomposent par réaction inverse la combinaison double; le rendement est en effet faible, de l'ordre de 20 pour 100, quand on part de solutions de persulfate d'ammoniaque et de nitrate d'argent. Il est *très fortement* diminué, si la solution de nitrate d'argent est *préalablement* acidifiée (10 pour 100 d'acide par exemple) : il se forme seulement une coloration noire constituée par des traces de la combinaison à l'état colloïdal [1].

La réversibilité de la réaction peut d'ailleurs être illustrée d'une façon frappante, et servir de base à une jolie expérience de cours.

Supprimons du champ de la réaction ce peroxyde colloïdal, en ajoutant quelques centimètres cubes d'un sel manganeux ($1^{cm^3} = 0^{mg},2$ Mn); celui-ci est oxydé *instantanément et à froid* en acide permanganique. L'équilibre (1) est détruit; il se reforme *progressivement*, avec une vitesse appréciable à l'œil, de la combinaison double : la liqueur devient en effet rouge vineux par suite de la superposition du colloïde noir à l'acide permanganique violet. La réaction s'est produite de gauche à droite pour rétablir l'équilibre; une nouvelle addition de sel manganeux le rompt de nouveau, et la teinte violet *franc* de l'acide permanganique réapparaît, pour faire place ensuite à la coloration rouge vineux, et ainsi de suite.

La combinaison double : peroxyde-nitrate d'argent, alternativement détruite et reformée, joue donc le rôle de *catalyseur* dans l'oxydation du manganèse.

A chaud (60° et à température plus élevée) la vitesse de formation de combinaison double est pratiquement instantanée, au lieu d'être relativement lente, et le mécanisme de la réaction ne peut plus être aussi facilement analysé, mais il est logique d'admettre qu'il reste le même.

Le rôle du nitrate d'argent, dans l'oxydation par le persulfate des sels manganeux en acide permanganique, nous paraît donc clairement établi.

---

(1) C'est la même coloration qu'on obtient en ajoutant à quelques centimètres cubes de nitrate d'argent *décinormal*, 2 ou 3 gouttes d'acide azotique concentré et $0^g,5$ environ de persulfate solide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation catalytique des vinylalcoylcarbinols.* Note de M. **Jean-Marc Dumoulin**, présentée par M. A. Béhal.

M. Charles Prévost vient de publier dans ce recueil une Note ([1]) sur la déshydratation des vinylalcoylcarbinols. Ayant moi-même effectué, depuis plusieurs mois, de nombreuses expériences sur ces alcools, je résumerai ci-dessous les principaux résultats de cette étude.

Relativement au choix du catalyseur, les premiers essais ont été tentés suivant la méthode indiquée par Reif ([2]) pour les alcoylpropénylcarbinols, c'est-à-dire au moyen du bisulfate de potassium; les rendements obtenus étaient médiocres : 25 pour 100 environ. J'ai essayé ensuite le sulfate d'alumine; les résultats furent un peu meilleurs : 35 pour 100 environ. Finalement, j'ai donné la préférence à l'alumine précipitée du sulfate d'alumine suivant les indications de Senderens ([3]).

En opérant dans les conditions suivantes :

Température	250°-280°
Débit	15g-20g

d'alcool à l'heure, les rendements en carbures ont été :

50 pour 100	avec le	vinyléthylcarbinol,
60 »	»	vinylpropylcarbinol,
65 »	»	vinylbutylcarbinol,

rendements calculés sur les fractions passant respectivement entre 38°-43°, 70°-80°, 95°-105°.

On obtenait ensuite de l'alcool récupéré (8 à 10 pour 100) et des portions supérieures (15 à 20 pour 100).

L'étude de ces fractions a principalement porté sur la séparation des isomères par rectifications soigneusement répétées, la bromuration et l'oxydation des produits ainsi séparés.

I. *Pentadiènes* C^5H^8. — Après fractionnement du produit brut (Eb.

([1]) C. Prévost, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 853.

([2]) J. Reif, *Berichte*, **41**, 1908, p. 2744.

([3]) J.-B. Senderens, *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, **25**, 1912, p. 476.

38°-43°), la majeure partie distille à 42°-43°, une faible quantité passe entre 38° et 40°.

L'oxydation permanganique, suivie de la séparation des acides formés par la technique de Liebig et de leur identification par la méthode de Duclaux [1] permettent de caractériser l'acide acétique en présence de traces d'acide propionique.

$$CH^2 = C = CH - C^2H^5, \quad CH^2 = CH - CH = CH - CH^3.$$

Ainsi, le carbure isolé est du pentadiène 1.3 souillé de traces de pentadiène 1.2. Constantes physiques :

$$D_0^0 = 0,6944; \quad D_0^{19} = 0,6812; \quad N_D^{16} = 1,4303.$$

	Trouvé.	Calculé.
R. M...........	25,5	24,35

L'influence du solvant dans la bromuration effectuée vers −15° mérite d'être signalée : en bromurant en solution chloroformique ou sulfocarbonique, on isole le dibromure (Eb. 75-80° sous 20^{mm}).

L'action directe du brome sec à froid a conduit au tétrabromure (F. 114°).

II. *Hexadiènes* C^6H^{10}. — L'identification des acides contenus dans les produits d'oxydation de la fraction 70°-80° montre que celle-ci contient les isomères 1.3 et 2.4. M. Prévost a d'ailleurs rapporté les difficultés que l'on rencontre pour séparer les espèces pures. La courbe initiale révèle un mélange d'acide acétique et d'acide propionique que l'on caractérise isolément en poursuivant et répétant plusieurs fois la séparation d'après la méthode de Liebig :

$$CH^2 = CH - CH = CH - C^2H^5, \quad CH^3 - CH = CH - CH = CH - CH^3.$$

L'hexadiène 1.3 donnerait en outre de l'acide formique comme, du reste, le pentadiène 1.3; cet acide a été détruit par le permanganate au cours de l'oxydation terminée au bain-marie.

Les produits de la bromuration effectuée vers −15° sont : en solution chloroformique, un dibromure (Éb. 111°-112° sous 25^{mm}); par le brome sec, le même dibromure, un tétrabromure (F. 179°,5); et, des eaux mères alcooliques de ce dernier, par précipitation par l'eau, un autre tétrabro-

(1) Cf. R. Delaby, *Ann. de Chim.*, 9e série, **19**, 1923, p. 295.

mure solide (F. 88°,5). [Fournier [1] indique pour le tétrabromo-1.2.3.4-hexane, F. 91°.]

III. *Heptadiènes* C^7H^{12}. — L'étude des produits d'oxydation confirme l'existence des isomères 1.3 et 2.4 dans le produit issu de la déshydratation du vinylbutylcarbinol. Malgré la présence des trois acides acétique, propionique et butyrique dans le mélange, on est parvenu à les séparer et à les caractériser avec une exactitude suffisante :

$$CH^2 = CH - CH = CH - C^3H^7, \qquad CH^3 - CH = CH - CH = CH - C^2H^5.$$

Le fractionnement du mélange des carbures montre la prédominance de l'heptadiène 2.4 (Éb. 103-106°; D_0^0 0,7436; D_0^{14} 0,734; N_D^{16} 1,4524. R. M. trouvé, 35,41; calculé, 33,59).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur de nouveaux dérivés des naphtoquinones.* Note de MM. **R. Lantz** et **A. Wahl**, présentée par M. Matignon.

Dans une Note précédente [2] nous avons fait connaître une série de nouveaux dérivés de la naphtoquinone dont le premier terme est constitué par la diphénylimino-1.4-oxy-2-naphtoquinone (I). Nous signalions également la mobilité du groupement fixé en position 1, que les acides minéraux hydrolysent déjà à froid, et cela quel que soit le groupement aryliminé. Il était intéressant, pour que la généralisation fût complète, d'examiner le terme le plus simple de la série dans lequel (NR) serait remplacé par le groupe imine (NH). Mais ce composé n'est pas connu, et les méthodes qui permettent d'arriver aisément à son analogue oxygéné (III) :

N.C^6H^5 — OH — N.C^6H^5 (I). NH — OH — N.C^6H^5 (II). O — OH — N.C^6H^5 (III).

ne sont pas applicables, car les matières premières nécessaires, comme l'iminonaphtoquinone ou son dérivé 4-sulfonique, ne sont pas connues

(1) Fournier, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **15**, 1896, p. 402.
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1509.

davantage. Quand on oxyde les aminonaphtols correspondants, on obtient la β-naphtoquinone ou respectivement, son acide sulfonique; c'est-à-dire qu'on aboutit finalement aux composés dans lesquels NH est remplacé par O. Or, ces oxydations étant pratiquées en milieu acide, on pouvait se demander, d'après ce qui précède, si, dans ces conditions, la formation de dérivés non azotés n'est pas due précisément à ce fait que les dérivés iminés, qui doivent régulièrement s'obtenir, sont hydrolysés par le milieu dans lequel ils prennent naissance.

Il nous a semblé qu'en opérant en milieu non acide, il y aurait quelque chance d'obtenir ces dérivés iminés, et que pour déceler leur présence il suffirait de les engager dans une combinaison plus stable, au fur et à mesure de leur formation. De telles conditions sont aisément réalisables en oxydant l'aminonaphtol 1.2 ou mieux l'acide aminonaphtolsulfonique 1.2.4 en solution alcaline en présence d'une amine primaire, l'aniline par exemple. L'oxydant le plus convenable est l'oxygène de l'air, ou l'oxygène pur, avec ou sans pression, mais on peut aussi utiliser d'autres agents d'oxydation. Il suffit, par conséquent, d'agiter violemment à l'air, une solution aqueuse d'aniline, rendue alcaline par du bicarbonate de sodium, et d'y introduire lentement de l'acide aminonaphtolsulfonique-1.2.4 (acide de Bœniger) pour observer la formation progressive d'un précipité jaune cristallin. Celui-ci, essoré et recristallisé dans l'alcool, forme des aiguilles jaunes, fondant en se décomposant et donnant à l'analyse les chiffres suivants (pour 100) : $C = 77,54$; $H = 4,94$; $N = 11,36$. La formule $C^{12}H^{16}ON^{2}$ exige $C = 77,4$; $H = 4,8$; $N = 11,3$. Il s'est donc formé l'*imino-1-oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone* suivant la réaction

$$\text{(NH}^2\text{, OH, SO}^3\text{H)} \rightarrow \text{(NH, =O, SO}^3\text{H)} \xrightarrow{+\text{NH}^2.\text{C}^6\text{H}^5} \text{(NH, OH, N.C}^6\text{H}^5\text{)} + \text{SO}^2 + \text{H}^2\text{O}.$$

Cette réaction est l'analogue de celle qui conduit au composé (III) au départ de l'acide naphtoquinone-1.2-sulfonique-4 et de l'anilide ([1]). Ainsi, nous avons du même coup réussi à préparer l'imine qui constituait le but de

(1) Bœniger, *Berichte*, 27, 1894, p. 25.

ce travail, et nous avons pu démontrer la formation des composés azotés intermédiaires, lors de l'oxydation de l'aminonaphtol ([1]).

L'imino-1-oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone présente bien les caractères généraux des composés que nous avons décrits, en particulier les acides minéraux, en provoquent aisément l'hydrolyse déjà à froid, en fournissant l'oxy-2-phényliminonaphtoquinone-1.4 (III), ce qui établit sa constitution. La réaction précédente est à son tour très générale, car nous avons constaté qu'on peut remplacer l'aniline par une autre amine primaire et l'aminonaphtosulfonique-1.2.4 par ses dérivés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les inversions de la température.* Note ([2]) de M. C. **Dauzère**, présentée par M. Brillouin.

Les phénomènes d'inversion de la température sont bien connus. On admet généralement qu'ils se produisent en hiver, dans la dernière partie de la nuit, par suite du rayonnement nocturne du sol. Nous avons trouvé au sujet de ce phénomène, dans les archives de l'Observatoire du Pic du Midi, les renseignements qui font l'objet de cette Note.

Ces renseignements résultent des observations faites simultanément à la Station de Bagnères (560^{m} d'altitude), à l'Observatoire du Pic du Midi (2860^{m}) et au sommet du Monné (1248^{m}). A ce dernier lieu a été installé pendant quelques années un abri météorologique sous lequel étaient placés les instruments habituels, et en particulier un thermomètre enregistreur Richard, identique à ceux qui servaient à Bagnères et au Pic. Les courbes des trois enregistreurs ont été reportées par décalque sur une même feuille, comme l'indiquent les figures ci-contre :

Les résultats fournis par l'examen de ces figures ont été corroborés par les relevés des températures faits au cours de nombreuses ascensions en montagne, de jour et de nuit, par M. Joseph Bouget. Ces résultats sont les suivants :

1° Les inversions sont tout à fait exceptionnelles entre Bagnères et le Pic, assez rares entre le Monné et le Pic, très fréquentes entre Bagnères et le Monné. Ces dernières se produisent en toutes saisons et à toute heure, souvent au milieu du jour, comme le montrent avec évidence les figures. La

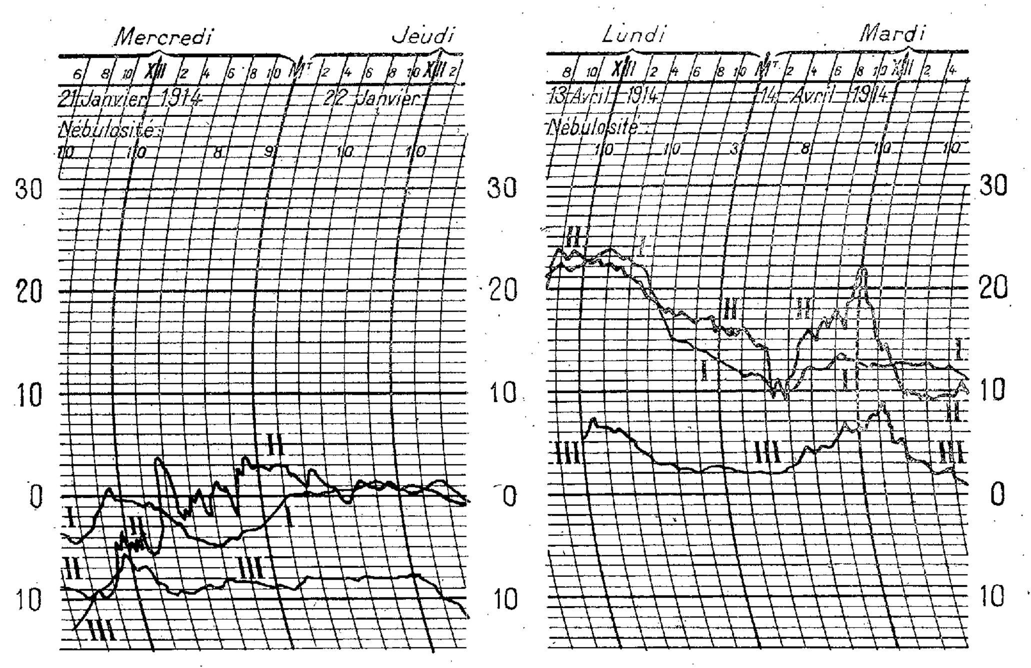
---

([1]) Cette réaction est protégée par le brevet français n° 593916 du 21 janvier 1925.

([2]) Séance du 29 mars 1926.

durée de l'inversion est très variable; le plus souvent elle est de quelques heures, mais parfois elle persiste pendant plusieurs jours; la stabilité est en effet fort grande, lorsque la température croît avec l'altitude.

2° Le maximum de température peut se produire à une altitude quelconque.



Courbes : I, Bagnères-de-Bigorre; II, Monné; III, Pic du Midi.

Il en est de même du niveau auquel commence l'inversion, lequel correspond à un minimum de température; celui-ci est le plus souvent le sol de la station de Bagnères, mais il est quelquefois plus élevé. Il en est ainsi en particulier lorsque l'examen des courbes des enregistreurs montre que l'inversion a lieu entre le Monné et le Pic, tandis qu'elle n'existe pas entre Bagnères et le Monné.

3° Il arrive fréquemment que la nébulosité est grande aux deux stations, ou seulement à la station inférieure, pendant l'inversion. Ce dernier cas se présente dans les fortes inversions prolongées, lorsque le minimum de température se trouve au-dessous du Monné; ce sommet est alors séparé de Bagnères par une couche de nuages, dont la face supérieure est à une altitude intermédiaire, plus ou moins voisine de celle du Monné. Lorsque le ciel est sans nuages aux deux stations, les fortes inversions sont presque toujours accompagnées d'une atmosphère brumeuse à la station inférieure;

les fumées restent stationnaires sur la ville, le Monné est à peine visible de Bagnères.

Ce dernier caractère indique que les particules de toutes sortes en suspension, qui troublent la transparence de l'air, ne tendent ni à monter ni à descendre. Les mouvements de convection suivant la verticale sont donc très faibles dans une couche atmosphérique, où la température croît lorsque l'altitude augmente, ce qui est d'ailleurs à peu près évident *a priori*.

Les faits précédents suffisent pour montrer que l'explication donnée d'habitude des phénomènes d'inversion peut convenir aux inversions du matin, mais ne saurait s'appliquer aux inversions fortes observées par temps brumeux ou couvert. Il vaut mieux les considérer comme des cas particuliers de l'existence dans l'atmosphère de couches superposées, où les températures varient en sens contraire avec l'altitude, quand on passe de l'une à l'autre. De telles couches ont été souvent reconnues dans les ascensions aéronautiques; les observations rapportées ici montrent qu'elles persistent parfois sensiblement à la même place pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'une perturbation générale de l'atmosphère vienne détruire la stratification des couches en équilibre.

BOTANIQUE. — *Sur les différences des potentiels d'oxydation réduction dans les spores d'une Prêle :* Equisetum arvense. Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. L. Mangin.

On sait que les spores de la Prêle (*Equisetum arvense*), quoique différenciées sexuellement, ont un aspect analogue; on remarque seulement de légères différences dans l'intensité de la coloration verte des corps chlorophylliens, certaines spores paraissant d'un vert plus intense. Par diverses colorations vitales, on peut noter entre les spores de cette espèce des différences plus nettes, différences qui n'ont d'ailleurs aucun rapport avec l'intensité de couleur des corps chlorophylliens.

Dans le rouge neutre en solution étendue, on distingue deux catégories de spores; les unes se colorent faiblement en jaune orangé, les autres se colorent en rouge. La safranine en solution diluée fait également apparaître deux catégories de spores; les unes se colorent en orange avec une pointe de rose, les autres se colorent en rouge. Dans le violet neutre en solution, certaines spores prennent une faible couleur jaune rosée, tandis que les

autres se colorent en rouge violacé. Avec les solutions de colorants bleus on obtient des différences analogues mais plus difficiles à constater à cause de la couleur naturelle verte des spores; avec le bleu de méthylène ou avec le bleu de crésyl, certaines spores prennent une faible teinte jaune verdâtre tandis que les autres sont d'un vert foncé à reflet bleu.

Les différences de coloration apparaissent particulièrement nettes pour les zones dépourvues de corps chlorophylliens, ce qui est fréquemment réalisé dans la zone périphérique de la spore, mais la coloration imprègne tout le cytoplasme. Les spores ayant une coloration intermédiaire sont rares et, dans les diverses méthodes de colorations, les spores faiblement colorées sont plus nombreuses que celles qui prennent bien le colorant. On peut donc, par ces méthodes, distinguer dans les spores de la Prêle deux catégories : 1° les spores faiblement colorables, catégorie A, la plus nombreuse; 2° les spores qui se colorent fortement, catégorie B.

Les différences de coloration constatées ne peuvent s'expliquer par des différences entre les pH intracellulaires des deux catégories, étant donné les divers colorants utilisés et les teintes obtenues. L'action du bleu de bromothymol indique d'ailleurs que les diverses spores ont un pH uniforme.

Si l'on reprend les expériences précédentes, mais en donnant aux spores les divers colorants à l'état de leucodérivés obtenus par réduction, on constate que les cinq leucodérivés des cinq colorants utilisés pénètrent dans les spores, souvent plus rapidement que les colorants eux-mêmes. Sous l'action du protoplasme de la spore, le leucodérivé est oxydé avec plus ou moins d'intensité, suivant la catégorie de spore, et l'on retrouve exactement les mêmes colorations que celles qu'aurait données le colorant ordinaire dont on a utilisé le leucodérivé. On peut donc distinguer les deux catégories de spores soit par la méthode des leucodérivés, soit par la coloration directe.

L'action des leucodérivés nous permet d'interpréter la signification de ces diverses colorations. La Prêle *Equisetum arvense* possède deux sortes de spores qui diffèrent par le potentiel d'oxydation-réduction (rH) de leurs protoplasmes. La méthode utilisée ne donne pas la valeur absolue du rH [1],

---

(1) Au sujet du rH, consulter J. NEEDHAM and D. NEEDHAM, *Proceedings of the Royal Society*, A, **108**, 1925, p. 259.

mais elle montre que les spores A ont un rH intracellulaire plus faible que celui des spores de la catégorie B.

L'étude des sporozoaires a montré chez une grégarine ([1]) et dans une coccidie ([2]) le cytoplasme ♀ plus réducteur que le cytoplasme ♂. Si l'on rapproche ces faits des résultats exposés ci-dessus, il est rationnel d'émettre l'hypothèse suivante sur l'interprétation de ces résultats : Les différences de rH constatées dans les spores d'*Equisetum arvense* correspondraient à des différences de sexualisation du protoplasme. Les spores A dont le rH intracellulaire est le plus faible, seraient des spores ♀, les spores B seraient des spores ♂.

Il serait intéressant de vérifier, par des expériences de germination de spores d'*Equisetum arvense*, si, conformément à l'interprétation ci-dessus, les prothalles ♀ se trouvent plus nombreux que les prothalles ♂.

CRYPTOGAMIE. — *Sur une Floridée endophyte* Colaconema ? reticulatum *Batt.* Note ([3]) de M. **E. Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

A.-L. Batters ([4]) a décrit, sans la figurer, une petite Floridée se développant dans la membrane externe de *Desmarestia Dudresnayi* Lamour. Il n'en a pas vu les organes reproducteurs; il la range cependant dans son genre *Colaconema*, mais avec doute.

Structure et mode de vie. — Sur tous les spécimens de *Desmarestia Dudresnayi*, sur les plus jeunes comme sur les plus vieux, sur le stipe comme sur la lame, dragués dans les environs de Roscoff, j'ai rencontré le *Colaconema reticulatum*. Au début, il forme des filaments rougeâtres, disposés entre les cellules de l'hôte constituant un véritable réseau, ce qui lui a valu son nom (*fig.* 1); les filaments ont de 5 à 6μ de diamètre, ils sont articulés; leurs cellules sont généralement un peu plus longues que larges; les cellules terminales sont plus minces, plus allongées ou moins fortement colorées; les chromatophores sont disposés en plaques pariétales. De bonne heure les cellules prolifèrent latéralement (*fig.* 1), il se forme un véritable tissu qui comble entièrement les mailles du réseau. On a alors des plages rougeâtres aux contours lobés, plus ou moins confluentes pouvant atteindre $0^{mm},5$ de diamètre formant une légère saillie rendant grenue la surface de l'hôte (*fig.* 2).

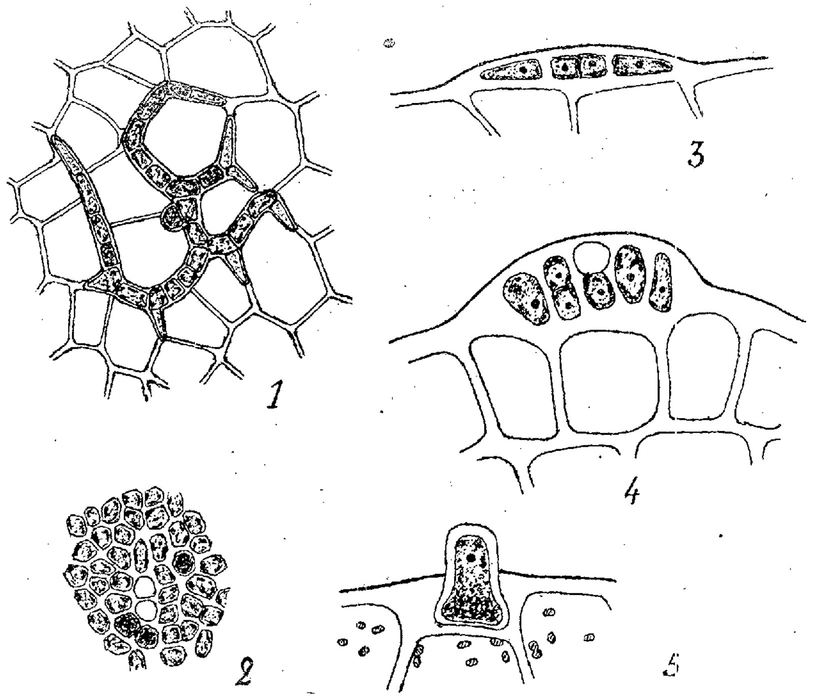
([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1212.

([2]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1074.

([3]) Séance du 22 mars 1926.

([4]) A.-L. Batters, *Some new British marine Algae* (*The Journ. of Bot.*, **34**, 1896, p. 8).

Les coupes transversales montrent que les cellules de *Colaconema* sont contenues à l'intérieur de la membrane externe du *Desmarestia* (*fig.* 3 et 4). Dans les parties filamenteuses, ces cellules sont peu épaisses; dans les plages elles se sont allongées perpendiculairement à la surface. Je ne les ai jamais vues pénétrant à l'intérieur des cellules de l'hôte. Dans celui-ci, sous les plages étendues, les cellules épidermiques sont moins riches en phéoplastes, elles sont de plus grande taille et tendent à prendre l'aspect des cellules profondes. C'est une réaction semblable à celle que j'ai décrite [1] chez *Gymnogongrus* sous l'influence d'un *Actinococcus*. On peut la considérer comme



Colaconema reticulatum Batt. — 1, forme filamenteuse; 2, une plage avec trois sporanges mûrs et deux sporanges vides; 3, coupe transversale d'un filament; 4, coupe transversale d'une plage avec un sporange vide; 5, germination d'une spore et pénétration dans l'hôte. (1 et 2, dessins de spécimens frais vus de face × 520; 3, 4 et 5, dessins après fixation et coloration pour montrer les noyaux × 1000.)

provoquée par l'action physique d'un écran coloré sans faire intervenir une action parasitaire. En somme, ce *Colaconema* se développe dans une membrane inerte comme *Rhodochorton membranaceum* Magnus se développe dans les enveloppes chitineuses des Hydraires et des Bryozoaires. Dans un cas comme dans l'autre il n'y a pas lieu d'invoquer le parasitisme.

Reproduction. — Dans les plages on peut observer des cellules plus fortement et

---

(1) E. Chemin, *Observations sur quelques Algues parasites du genre* Actinococcus *Kütz* (*Ass. fr. pour l'Av. des Sciences*, Congrès de Rouen, 45e session, p. 531).

uniformément colorées sans aucune trace de division et dans le voisinage des cellules vides de tout contenu (*fig.* 2).

Les premières sont des monosporanges à maturité, les secondes sont des monosporanges vidés. Un monosporange résulte de la division d'une cellule végétative parallèlement à la surface et de la modification de la partie périphérique (*fig.* 4). Je n'ai pas vu la sortie des monospores, mais on peut observer ces monospores en déposant sur une lame de verre, dans un cristallisoir plein d'eau de mer, un fragment de *Desmarestia;* le lendemain, la lame porte des spores rouges sphériques de 5 à 6$^{\mu}$ de diamètre, manifestement échappées du *Colaconema.*

Sur le verre, les spores ne se développent pas; on voit tout au plus apparaître une légère protubérance incapable d'allongement même au bout de huit jours. Sur le *Desmarestia*, les spores s'entourent d'une membrane épaisse; un prolongement pénètre à l'intérieur de l'hôte, s'étale dans la paroi externe pendant que la spore se vide de son contenu (*fig.* 5). C'est une germination du type filamenteux (*Keimschlauchtypus*) de Kylin.

Conclusion. — La Floridée vue par Batters sur le *Desmarestia Dudresnayi* se multiplie par monospores comme les autres espèces du genre *Colaconema;* elle appartient à ce genre et l'on doit supprimer le point d'interrogation de l'auteur. Elle se développe dans la membrane externe de son hôte sans produire aucun trouble apparent; toutefois les spores ne peuvent germer que sur cet hôte.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la migration automnale des substances azotées chez le Chêne, par l'analyse de plantes entières.* Note de M. R. **Combes**, présentée par M. M. Molliard.

Les physiologistes qui ont autrefois étudié les phénomènes biochimiques dont les feuilles des arbres sont le siège pendant le jaunissement automnal, admettaient que tout ce qui disparaît des feuilles au cours de cette période émigre vers les branches et les racines.

Des recherches plus récentes portant sur les matières minérales et sur les hydrates de carbone ont montré que cette manière de voir ne peut être admise, une partie de ces substances quittant les feuilles pendant le jaunissement, sans rentrer dans les parties vivaces.

En ce qui concerne les substances azotées notamment, les dosages n'ayant été faits que sur les feuilles et non sur le reste de la plante, il en résulte qu'actuellement encore, on ne peut dire avec certitude s'il y a ou s'il n'y a pas, en automne, émigration de l'azote des feuilles vers les tiges et les racines.

Fruhwirt et Zielstorff [1] inclinent à admettre que cette émigration a lieu. Schulze [2] est sceptique quant à l'existence de ce phénomène; Möller [3] ne croit pas non plus à l'émigration. On hésite maintenant à prononcer le mot d' « évacuation » ou celui d' « émigration » automnale, en ce qui concerne l'azote des feuilles, dit Czapek [4], et il conclut que ce problème a besoin d'un travail critique d'ensemble.

L'étude des feuilles seules permet de connaître quelles substances quittent les feuilles en automne, mais non de savoir où vont ces substances. Pour affirmer qu'elles émigrent vers les branches ou les racines, il faudrait les retrouver à la fin du jaunissement dans ces derniers organes.

On ne peut songer à analyser l'ensemble des feuilles, ni la totalité des parties vivaces d'un chêne ou d'un hêtre de dimensions moyennes, mais il est possible d'aborder la question en opérant sur de très jeunes arbres, à condition toutefois que les phénomènes de migration se produisent chez ces jeunes plantes comme chez les arbres plus âgés.

Pour préciser ce dernier point, j'ai dosé l'azote total contenu, d'une part dans les feuilles vertes récoltées en septembre sur des chênes et sur des hêtres d'âges différents et, d'autre part, dans les feuilles jaunes des mêmes arbres récoltées en octobre. J'ai pu constater que les feuilles des arbres jeunes (chênes de 2, 5, 12 ans, hêtres de 2, 3, 7 ans) perdent, avant leur chute, des quantités de substances azotées aussi grandes que celles des arbres plus âgés (chêne de 25 ans, hêtres de 12, 18, 25, 40 ans). Il est donc possible d'étudier les migrations des substances azotées sur de très jeunes arbres, ce qui permet de faire porter les analyses sur la totalité des divers organes.

Les recherches entreprises dans ce sens ont été commencées pendant l'automne de l'année 1924, et elles furent continuées au cours de l'automne suivant. Elles ont été faites sur de jeunes chênes âgés de deux ans en 1924, développés dans des conditions normales en forêt de Fontainebleau, et provenant de glands tombés des arbres voisins.

Le dosage de l'azote total a été effectué par la méthode de Kjeldahl-Jodlbauer; il a porté, à chaque récolte, sur la totalité des feuilles, des tiges

(1) C. Fruhwirt et W. Zielstorff, *Landw. Vers. stat.*, 55, 1901, p. 9.
(2) B. Schulze, *Verh. Nat. Ges.*, 2, 1904, p. 175.
(3) A. Möller, *Ztschr. Forst.-u. Jagdwes.*, 44, 1912, p. 527.
(4) F. Czapek, *Biochemie der Pflanzen*, 2, 1920, p. 293-296.

et des racines de quatre groupes de quatre plantes. Je n'indique ci-dessous que les résultats totaux relatifs à l'ensemble des seize plantes récoltées en 1925; ils sont exprimés en milligrammes.

	3 septembre. Feuilles vertes.			24 septembre. F. en partie jaunes.			13 octobre. Feuilles jaunes.			1er novembre. Feuilles brunes.		
	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.
Feuilles	3571	69,93	1,96	2961	49,35	1,67	2467	31,78	1,29	2517	24,22	0,96
Tiges	4262	30,31	0,71	3523	26,04	0,74	3190	27,51	0,86	3490	32,55	0,93
Racines	10754	56,91	0,53	9025	45,50	0,50	7501	45,01	0,60	7914	67,48	0,85
Tiges et racines.	15016	87,22	0,58	12548	71,54	0,57	10691	72,52	0,68	11404	100,03	0,88
Plantes entières.	18587	157,15	0,84	15509	120,89	0,78	13158	104,30	0,79	13921	124,25	0,89

L'examen des résultats rapportés à 100g de substance sèche permet de faire les constatations suivantes :

1° Les feuilles perdent au cours du jaunissement plus de la moitié des substances azotées qu'elles contiennent.

2° Pendant cette même période, et à mesure que l'azote disparaît des feuilles, il s'accumule dans les organes vivaces. Les substances azotées dont on constate la disparition dans les feuilles émigrent vers les tiges où elles s'accumulent d'abord, puis vers les racines qui s'enrichissent ensuite.

3° Pendant cette émigration, la teneur en azote de l'ensemble de la plante ne varie pas sensiblement. On peut donc affirmer que, non seulement le phénomène d'émigration automnale a lieu, mais encore qu'il porte sur la totalité ou la plus grande partie de l'azote disparu des feuilles.

4° L'augmentation de l'azote dans les tiges et les racines, corrélative de la diminution constatée dans les feuilles, aboutit à réaliser une teneur en azote à peu près uniforme dans les divers organes de la plante.

Les résultats relatifs aux quantités absolues d'azote contenues dans les organes des seize plantes constituant chaque série permettent également de se rendre compte du phénomène le plus important au point de vue qui nous occupe : diminution de l'azote dans les feuilles et accumulation dans les organes vivaces.

Ces résultats confirment ceux auxquels m'avait conduit l'étude du jaunissement dans des feuilles ou des rameaux feuillés séparés des arbres lorsque les feuilles sont encore vertes et abandonnés ensuite au jaunissement (1).

Il est possible maintenant de répondre avec certitude à la question

(1) R. Combes, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2056.

discutée de l'évacuation automnale de l'azote : il y a bien, en automne, pendant le jaunissement des feuilles, émigration des substances azotées des feuilles vers les tiges et les racines.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la polychromie des Myxomycètes vivant en plein soleil.* Note de M. **Marcel Brandza**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans les Carpathes de la Moldavie il se développe une riche végétation de Myxomycètes sur les planches de Sapin, dont on couvre les maisons dans cette contrée ([1]).

Parmi ces Myxomycètes, on peut observer parfois un phénomène de polychromie des plus intéressants.

Étudions dans cette Note quelques exemples caractéristiques.

1. *Physarum nutans* Pers. — On sait, depuis les observations de Lister et de Macbride, que cette espèce peut provenir d'un plasmodium tantôt incolore, tantôt jaunâtre. Dans les deux cas, il en résulterait, d'après ces auteurs, une forme typique de couleur grise.

Nos observations prouvent que les choses se passent d'une façon différente suivant la couleur du plasmodium.

A. *Plasmodium incolore.* — Dès que les sporanges se sont différenciés de la masse du plasmodium, ils ne tardent pas à prendre un teint brun-grisâtre tandis que leur pied noircit. Détachons à ce moment, de ces toitures, une planche de Sapin couverte de Lichens et sur lesquels végètent des milliers de ces sporanges. Partageons-la ensuite en deux moitiés. Exposons la première portion de la planche à l'ombre, à une grande humidité, sous une cloche en verre. Il en résulte un *Phys. nutans* typique à belle couleur grise. Mettons l'autre moitié de la planche, après l'avoir saturée d'eau, au soleil, à une évaporation rapide. Les sporanges obtenus seront à péridium et à nœuds du capillitium bruns. Or, sur les planches des habitations, de même que dans la forêt avoisinante, on peut récolter tantôt l'une et tantôt l'autre de ces deux formes.

B. *Plasmodium jaunâtre.* — Lorsque *Phys. nutans* Pers. provient d'un pareil plasmodium, la marche de la maturation est différente suivant les cas.

([1]) Voir *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 488.

A peine différenciés du plasmodium, les sporanges prennent d'abord une couleur vert olivâtre foncé. Répétons l'expérience précédente. Ces sporanges exposés à l'humidité se transforment lentement en un *Phys. nutans* typique. Dans une atmosphère sèche et à l'ombre, on obtient des sporanges vert grisâtre. A une évaporation rapide, tous les sporanges prennent le teint jaune vif. Or c'est exactement ce qui se passe en plein air sur les planches des habitations. Ajoutons que les passages entre ces trois couleurs sont fréquents.

Ces trois formes, grise, vert grisâtre et jaune, récoltées sur les planches, ou obtenues expérimentalement, nous les avons adressées aux spécialistes. On nous a constamment répondu qu'il s'agit respectivement du *Phys. nutans* Pers. (forme grise), du *Phys. viride* Pers. (forme jaune) et du *Phys. viride* Pers. *var. incanum* Lister (forme vert grisâtre). En réalité, comme l'expérience le prouve, c'est tout simplement *Phys. nutans* Pers. à plasmodium jaunâtre et qui, suivant les conditions variables de la maturation, a pris telle et telle couleur. Nous avons donc des raisons pour mettre en doute la valeur spécifique du *Phys. viride* Pers. et de sa *var. incanum* Lister.

Cependant *Phys. viride* Pers. a une seconde variété qu'on appelle *aurantium* Lister à cause de sa belle couleur orangée. Cette variété qui provient d'un plasmodium de même couleur, est parfaitement invariable, quelles que soient les conditions atmosphériques de la maturation. Buillard, le célèbre mycologue français, a eu raison d'en faire une espèce distincte (*Sphærocarpus aurantius*).

2. *Physarum globuliferum* Pers. — Très commune en Roumanie, cette espèce provient d'un plasmosdium jaune pâle. En mûrissant dans des conditions normales d'humidité, ses sporanges passent du jaune au brun jaunâtre et finissent par devenir blancs. Au contraire, exposés à une évaporation rapide, le péridium des sporanges, ainsi que les nœuds du capillitium prennent la couleur souris. Dès lors, nul caractère ne permet plus de distinguer *Phys. globuliferum* Pers. d'une autre espèce voisine qu'on nomme *Phys. murinum* List. Entre les deux il y a beaucoup de transitions.

3. *Trichia decipiens* Macbride. — Rose ou blanc, le plasmodium de cette espèce donne des sporanges au commencement rouges et à la fin jaunes, olivâtres ou brunâtres. En exposant les sporanges devenus rouges, d'abord à une évaporation lente et vers la fin de la maturation à l'action directe du soleil, on constate que la plupart d'entre eux prennent un teint rouge sang dans la partie basilaire de leur péridium. En outre, dans ces formes xéro-

phytes, les sporanges sont plus petits et les stipes deux fois plus longs que dans la forme typique. Les pointes des élatères sont également plus courtes. Si l'on ne connaissait pas son origine, on serait tenté de voir dans les modifications si profondes de cette forme, tous les éléments d'une nouvelle espèce.

4. *Perichœna corticalis* Prost. — Du plasmodium grisâtre de cette espèce il résulte, dans des conditions normales, la forme typique à sporanges noisette et à capillitium très abondant. Dans une atmosphère sèche, au soleil, les sporanges mûrs deviennent d'un blanc canescent, à hypothallus pellucide et blanc et à capillitium absent ou fort peu abondant. En un mot, c'est exactement ce que Schweinitz a nommé *Perichœna marginata*.

Sans insister davantage sur d'autres exemples, il nous est possible de formuler les conclusions suivantes :

1° L'évaporation rapide exerce chez beaucoup de Myxomycètes une influence considérable sur la couleur du péridium et du capillitium. La même espèce peut prendre, suivant les cas, des couleurs différentes;

2° L'expérience prouve que la couleur du péridium et du capillitium ne peut pas avoir, dans tous les cas, la valeur spécifique qu'on lui a attribuée dans la classification des espèces et des variétés;

3° Dans la création des espèces et variétés nouvelles, il convient de mettre un soin particulier à bien saisir les conditions atmosphériques qui ont présidé à la maturation des sporanges.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Remarques sur la culture d'une levure en milieu synthétique.* Note de MM. E. **Aubel**, L. **Genevois** et J. **Salabartan**, présentée par M. M. Molliard.

On sait qu'il est possible de cultiver sur le milieu de Fernbach et Schœn la levure de Cramant. C'est précisément le procédé qui a permis à ces auteurs de mettre en évidence la production d'acide pyruvique et d'acide lactique au cours de la fermentation alcoolique. Nous avons pensé qu'il y avait là un matériel d'expérience commode pour étudier comparativement la vie de la levure en présence et en absence d'oxygène.

Voici les résultats obtenus :

1° En milieu aérobie, il est possible d'obtenir des cultures avec le

glucose, l'acide lactique ou l'acide pyruvique employés comme source de carbone;

2° En milieu anaérobie, il est possible d'obtenir des cultures sur le glucose, l'acide lactique et l'acide pyruvique, mais la croissance est lente, et, même dans le cas de l'acide lactique et de l'acide pyruvique, très difficile;

3° Les produits libérés dans les cultures avec glucose sont les mêmes, que l'on soit en milieu aérobie ou en milieu anaérobie. Seule, une différence existe dans les proportions. Pour 15^g, l'on trouve (moyenne de 5 expériences) :

	Culture : Aérobie.	Culture : Confinée.	Culture : Anaérobie.
Alcool	0,92	1,24	1,50
Acide lactique	0,029	0,045	0,067
Acide pyruvique	0,9	0,5	0,3

Il ressort de ces résultats que l'action de l'oxygène est d'ordre quantitatif et non qualitatif. D'autre part, si Meyerhof, dans un excellent travail, a récemment montré que la levure, en présence d'oxygène utilise l'alcool, l'acide pyruvique, l'acide lactique et à leurs dépens resynthétise le sucre; il a ainsi expliqué l'accumulation de l'alcool dans les fermentations par la non-utilisation du produit, mais n'a pas fourni de données sur les procès d'édification de la matière vivante à partir du glucose et du nitrate d'ammoniaque.

Or nous avons montré que le *Bact. coli*, que l'on soit en présence ou en absence d'oxygène, scinde le glucose en acide lactique et en acide pyruvique, que la formation d'acide lactique fournit l'énergie nécessaire au développement du microbe, en permettant la production de l'acide pyruvique, point de départ, à la suite des réactions d'oxydo-réduction couplées, des amino-acides et des graisses, et que la formation d'alcool à la suite de la décarboxylation de l'acide pyruvique n'avait pas de rapport avec les synthèses.

En est-il de même pour la levure? Nous pensons que oui, puisque l'on observe l'apparition d'acide lactique dans le milieu de culture. Mais il faut expliquer pourquoi on en trouve si peu. On doit conclure à la suite des travaux de Meyerhof que l'acide lactique est réutilisé et recondensé sous forme de glucose, et ceci plus vite en milieu aérobie qu'en milieu anaérobie. Mais il faut bien noter que la vitesse en milieu anaérobie n'est pas nulle. Cela se conçoit facilement puisqu'il existe dans le milieu de culture un

nitrate dont Quastel et Weetham, et nous-mêmes, avons montré le rôle dans l'utilisation de l'acide lactique par le *B. coli* en l'absence d'oxygène. Cette utilisation d'oxygène des nitrates par la levure en l'absence d'oxygène n'est d'ailleurs pas nouvelle puisque Laurent l'a déjà constatée en 1889.

Il reste à dire pourquoi le même nitrate ne permet pas l'utilisation de l'alcool. Il semble qu'il s'agit là d'une question de spécificité. Si cela est vrai, l'on doit prévoir que d'autres corps que l'oxygène seront capables de permettre la disparition de l'alcool. C'est ce que nous vérifions en ce moment.

En tout cas, dès maintenant, il nous apparaît que les procès de synthèse ne diffèrent pas essentiellement entre le *B. coli* et la levure, et que l'on peut à cette dernière appliquer les conclusions que nous avions déjà formulées.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau Copépode halophile :* Parametis sanguineus nov. gen., nov. sp. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Je ne donnerai qu'une brève diagnose de ce très intéressant Harpacticide (?) dont j'ai trouvé une cinquantaine d'individus, en mars, dans une saline de Batz, en compagnie d'*Eurytemora affinis* Poppe et de *Ferronniera mirabilis* Labbé.

Ce très petit Copépode qui n'atteint pas $0^{mm},5$, de couleur très vive, *rouge sang*, a le corps massif, bombé, piriforme (¹), à abdomen réduit. Le céphalothorax, les quatre segments thoracique libres, les cinq segments abdominaux ont leur bord postérieur cilié et à angles aigus. La furca est conforme au type habituel des Harpacticides mais les deux soies principales, dont la plus interne est aussi longue que le corps, sont plus ou moins élargies en *lames de sabre*. Les antennes I, trapues et courtes, à sept articles, ressemblent à celles d'*Ectinosoma Edwardsi* Rich, mais le deuxième et le troisième articles portent chacun un long bâtonnet sensitif; et le deuxième, en éperon saillant montre un organe sensoriel voisin de ceux que j'ai décrits chez *Eurytemora* (²). Les quatre derniers articles sont grêles et cylindriques.

(¹) *Ferronniera cyclopoïdes* Labbé et *Harpacticus fulvus* présentent ce même aspect cyclopoïde, en milieu hyperalcalin, au contraire de la plupart des Harpacticides dont le corps est linéaire.

(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1576.

Les antennes II, longues et fortes, ont un exite à quatre articles, pourvus de griffes puissantes.

Les pièces buccales sont *très petites et rudimentaires*, la mandibule portant un petit palpe uniarticulé.

Le péreiopode I est *très puissant*, avec un énorme basis biarticulé, un exite à trois articles, un endite à deux articles, munis d'épines et de forts crochets.

Les péreiopodes II, III, IV, triarticulés, sont semblables entre eux et conformes au type général des *Canthocamptus*, mais ils sont *très grêles et très petits*. Le péreiopode V est réduit à un tubercule biarticulé dépourvu de soies.

L'accouplement se fait comme chez les *Canthocamptus*. Il s'accomplit alors que les femelles ne sont pas encore sexuellement mûres, ce qui est, d'ailleurs, fréquent chez les Copépodes.

Jusqu'ici je n'ai trouvé aucune femelle ovigère. Les spermatophores sont en forme de gros cylindres arqués et courts.

Ces curieux animaux nagent peu et mal; ils restent d'ordinaire immobiles dans des détritus végétaux où ils sont difficiles à apercevoir. Leur biologie sera certainement intéressante à connaître. La réduction des pièces buccales et des pattes natatoires, à l'exception de celles de la première paire, les a conduits au sédentarisme, comme il eut pu les amener au parasitisme.

Philippi ([1]) a trouvé à Sorrente un Copépode qu'il nomme *Metis ignea*, et dont la description concorderait assez bien avec notre espèce, si la diagnose de l'auteur n'était trop imprécise pour justifier une identification. D'où le nom générique de *Parametis* par lequel je désignerai le Copépode que je viens de décrire succinctement.

A 15^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

([1]) Voir Carus, *Prodromus faunæ mediterraneæ*, *Pars* II, 1885, p. 327.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **G.-A. Molengraaf**, membre de l'Académie des Sciences d'Amsterdam, professeur à l'École polytechnique de Delft, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images solaires.* Note de M. **Maurice Hamy**.

Dans des recherches antérieures ayant en vue, comme les présentes, la création d'une méthode d'observation de la valeur du diamètre solaire, reposant sur des fondements solides, j'ai indiqué que l'éclat intrinsèque angulaire $\mathcal{E}$, en un point du disque, à la distance angulaire ψ du centre, est exprimable par la série convergente [1]

$$(1) \qquad \mathcal{E} = A_0 + A_1\sqrt{1-\rho^2} + A_2(1-\rho^2) + A_3(1-\rho^2)^{\frac{3}{2}} + A_4(1-\rho^2)^2 + \ldots,$$

dans laquelle les coefficients A se déterminent par l'expérience, ρ représentant d'ailleurs le rapport $\frac{\sin\psi}{\sin\varepsilon}$, où ε désigne le demi-diamètre du Soleil. Pratiquement les cinq premiers termes de la série suffisent, pour représenter les meilleures observations. Partant de ce résultat, j'ai abordé l'étude du problème suivant :

Un astre de diamètre angulaire 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du

---

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1012.

Soleil, étant observé au foyer d'une lunette, diaphragmée par une fente rectiligne, de largeur a et de longueur h, trouver la valeur de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image, parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'astre. On suppose la répartition de la lumière à la surface ([1]) représentée par la formule (1).

Appelant λ la longueur d'onde de la lumière pénétrant dans l'œil de l'observateur, après avoir traversé un écran coloré convenable, et posant

$$m=\frac{\pi h \sin\varepsilon}{\lambda}, \qquad n=\frac{\pi a \sin\varepsilon}{\lambda}, \qquad \alpha=\frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon},$$

l'intensité cherchée a pour expression, à un facteur constant près,

$$\mathrm{I}=\sum_{\sigma=0}^{\sigma=\infty}\mathrm{A}_{2\sigma}\mathrm{K}_{2\sigma}+\sum_{\sigma=0}^{\sigma=\infty}\mathrm{A}_{2\sigma+1}\mathrm{K}_{2\sigma+1},$$

en faisant

$$\mathrm{K}_{2\sigma}=\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{u-\alpha}\right]^2(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}du\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin\left(nz\sqrt{1-u^2}\right)}{z}\right]^2(1-z^2)^{\sigma}dz,$$

$$\mathrm{K}_{2\sigma+1}=\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{u-\alpha}\right]^2(1-u^2)^{\sigma}du\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin\left(nz\sqrt{1-u^2}\right)}{z}\right]^2(1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz.$$

C'est au calcul difficile de ces intégrales que se ramène la solution de la question. Pratiquement on n'a à considérer que les valeurs $\sigma=0$, $\sigma=1$, $\sigma=2$. D'autre part, m est très élevé et n de l'ordre de grandeur de $\sqrt{m}$.

Dans la présente Communication, je me propose de donner quelques indications, concernant le calcul de $\mathrm{K}_{2\sigma}$. On peut écrire

$$\mathrm{K}_{2\sigma}=\mathrm{H}_{2\sigma}+\mathrm{J}_{2\sigma}-\mathrm{L}_{2\sigma},$$

en posant

$$\mathrm{H}_{2\sigma}=\int_c\frac{(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2}du\int_\gamma\frac{(1-z^2)^\sigma}{z^2}dz,$$

$$\mathrm{J}_{2\sigma}=-\int_c\frac{(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2}du\int_\gamma\frac{(1-z^2)^\sigma}{z^2}\cos\left[2nz\sqrt{1-u^2}\right]dz,$$

$$\mathrm{L}_{2\sigma}=\int_c\frac{(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2}\cos 2m(u-\alpha)\,du\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos\left(2nz\sqrt{1-u^2}\right)}{z^2}(1-z^2)^\sigma dz.$$

([1]) Le problème, dans le cas de l'homogénéité d'éclairement du disque, a été traité antérieurement. Voir à ce sujet *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 8e série, 3, 1920, p. 153.

Dans ces formules, les intégrations dépendant de la variable u sont supposées faites le long d'un contour fermé c, renfermant les points $u = +1$, $u = -1$ et $u = \alpha$.

D'autre part, les intégrations dépendant de la variable z, pour les deux premières, sont supposées faites le long de la demi-circonférence γ de rayon 1, centrée sur l'origine et tracée dans la région du plan correspondant aux ordonnées positives, la variable partant du point $z = -1$.

Le calcul de $H_{2\sigma}$ ne présente pas de difficultés particulières et se ramène à des intégrales dont l'élément différentiel est uniforme, à l'intérieur du contour. On trouve, pour $\sigma = 0$,

$$H_{2\sigma} = 0.$$

Pour $\sigma \geqq 1$, on a les deux expressions équivalentes

$$H_{2\sigma} = \pi \sum_{p=1}^{p=\sigma} (-1)^{p+1} 2^{2p+1} \frac{\Gamma(\sigma+1)\Gamma(p)}{\Gamma(\sigma-p+1)\Gamma(2p-1)} \alpha^{2p-2},$$

$$H_{2\sigma} = (-1)^{\sigma+1} 4\pi \frac{2.4\ldots 2\sigma}{1.3\ldots(2\sigma+1)} \sum_{p=0}^{p=2\sigma-2} \frac{(2\sigma-2p+1)(2\sigma-2p+3)\ldots(2\sigma+1)}{\Gamma(p+1)} (2\sigma-p-1)(\alpha-1)^{2\sigma-2-p},$$

Γ désignant la fonction eulérienne de seconde espèce.

L'évaluation de $J_{2\sigma}$ est très délicate. Elle change, suivant que σ est nul ou au moins égal à 1.

Pour $\sigma = 0$, l'expression de $J_{2\sigma}$ peut se simplifier. On arrive à la formule

$$J_0 = 2 \int_C \frac{u}{u-\alpha} \frac{\cos 2n\sqrt{1-u^2}}{(1-u^2)^{\frac{3}{2}}} du$$

qui devient, après transformation,

$$J_0 = \int_D \frac{E^{i2nt}}{\alpha+\sqrt{1-t^2}} \frac{dt}{t^2} + \int \frac{E^{-i2nt}}{\alpha+\sqrt{1-t^2}} \frac{dt}{t^2},$$

E désignant la base des logarithmes népériens et D un contour fermé, parcouru dans le sens direct et renfermant les points singuliers $t = 0$, $t = 1$, $t = -1$, $t = \sqrt{1-\alpha^2}$, $t = -\sqrt{1-\alpha^2}$ de l'élément différentiel. C'est en partant de là que l'on évalue J_0, en faisant intervenir des considérations qui se rattachent à mes recherches sur l'approximation des fonctions de grands nombres [1].

---

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, 4, 1908, p. 203; *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 57, 1922, p. 1-42.

Pour $\sigma \geqq 1$, la question est beaucoup plus compliquée. On arrive à établir que $J_{2\sigma}$ peut se mettre sous la forme

$$J_{2\sigma} = \sigma \int_{\Delta} j_{2\sigma} E^{i2nv}\, dv + \sigma \int_{\Delta} j_{2\sigma} E^{-i2nv}\, dv,$$

Δ étant un contour fermé renfermant les points $v = 0$, $v = \pm 1$, $v = \pm\sqrt{1-\alpha^2}$ et $j_{2\sigma}$ la fonction

$$j_{2\sigma} = v^{2\sigma-2} \int_{\gamma} \frac{(1-z^2)^{\sigma-1}}{z^{2\sigma}} \frac{dz}{\alpha z + \sqrt{z^2 - v^2}}.$$

On voit de suite que les cinq valeurs particulières de v qui viennent d'être citées comprennent tous les points singuliers de $j_{2\sigma}$; il ne peut y en avoir d'autres. Les points singuliers de l'intégrale correspondent, en effet, nécessairement aux valeurs de v pour lesquelles deux points singuliers de l'élément différentiel, considéré comme fonction de z, viennent se confondre en enserrant le contour déformable γ, ou bien aux valeurs de v, pour lesquelles un point singulier de la même fonction de z vient se confondre avec l'une des extrémités $z = \pm 1$ du contour γ. Or ces circonstances ne se produisent que pour les cinq valeurs de v citées plus haut, qui jouent un rôle très important dans les discussions. On obtient d'ailleurs, par intégration, l'expression suivante de $j_{2\sigma}$, confirmant ces prévisions :

$$\begin{aligned} j_{2\sigma} = {} & \frac{(1-\alpha^2-v^2)^{\sigma-1}}{v^2}\left[2\sqrt{1-v^2} - \alpha \,\mathrm{L}\frac{\alpha+\sqrt{1-v^2}}{\alpha-\sqrt{1-v^2}}\right] \\ & - \frac{(1-v^2)^{\frac{3}{2}}}{v^2} \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{2.4\ldots\overline{2\sigma-2p-2}}{3.5\ldots\overline{2\sigma-2p-1}} \frac{(1-v^2)^{\sigma-p-2}}{\sigma-p-1}(1-\alpha^2-v^2)^p. \end{aligned}$$

Cette formule est applicable, pour $\sigma \geqq 2$, et aussi pour $\sigma = 1$, à condition de regarder alors comme identiquement nulle la somme $\sum\limits_{p=0}^{p=\sigma-2}$.

Partant de là, on obtient des expressions de $J_{2\sigma}$ qui changent suivant les valeurs attribuées à α, comme on le verra dans une autre Communication.

Le sens du logarithme népérien figurant dans l'expression de $j_{2\sigma}$ est défini par les conditions suivantes : 1° le radical $\sqrt{1-v^2}$ a pour argument $\frac{\pi}{2}$, pour les valeurs réelles de v supérieures à 1; 2° la détermination du logarithme est celle qui tend vers zéro, lorsque v tend vers 1 par des valeurs réelles supérieures à 1.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la modulation fixe des postes émetteurs à triodes alimentés par courant continu.* Note de M. **André Blondel.**

Les dispositifs de modulation des postes de radiophonie répondent à des difficultés complexes; on est obligé d'y sacrifier la profondeur de modulation à la pureté. Au contraire, pour l'émission d'une note musicale fixe, par un poste de signalisation tel qu'un radiophare, on doit chercher à réaliser par des moyens simples le maximum de profondeur de la modulation.

J'ai été amené à étudier, à ce point de vue, différents procédés de modulation sur la grille des triodes d'émission, dans le cas où la plaque est alimentée en courant continu. Les procédés de modulation généralement employés (en dehors des moyens de fortune tels que l'émission d'un son devant un microphone) consistent à moduler le courant de la grille [1] par des dispositifs à basse fréquence, tels que le tikker, ou vibrateur qui interrompt périodiquement la liaison de la grille. Ce procédé n'est pas très régulier pour un fonctionnement continuel; on peut l'améliorer, comme nous l'avons indiqué ailleurs, en envoyant au moyen d'un collecteur tournant un courant continu de basse tension périodiquement interrompu dans le primaire d'un transformateur de basse fréquence dont le secondaire fait varier la tension de la grille.

On peut, aussi, comme l'a réalisé récemment un constructeur français, faire agir sur la grille un générateur d'oscillations (hétérodyne), de *basse fréquence*. L'expérience nous a montré que le réglage d'appareils de ce genre est délicat et que le degré de la modulation est assez variable. Nous avons obtenu des résultats plus réguliers en intercalant dans le circuit de la grille, l'induit d'un alternateur de fréquence musicale, shunté par un condensateur laissant un libre passage aux oscillations de haute fré-

---

(1) Le système de modulation sur plaque, dit à ondes découpées, dans lequel on interrompt périodiquement par un interrupteur tournant le courant d'alimentation, ne se prête pas bien à des marches très prolongées, et produit des discontinuités marquées dans les courants périodiques émis; il peut en résulter des brouillages et des impuretés de son, qu'on doit chercher à éviter par un procédé de modulation plus continu. Nous avons employé dans ce but, avec succès, l'alimentation de la plaque par courant alternatif direct (cf. *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1000); mais ce procédé oblige à établir, une fois pour toutes, un matériel générateur à fréquence fixe.

quence (¹). On peut ainsi, au moyen d'un petit alternateur de 20 à 50 volts-ampères, moduler d'une manière assez sûre et efficace des postes d'une puissance de 100 à 500 watts effectifs dans l'antenne, à condition de donner à la grille un potentiel moyen négatif convenable par les procédés connus (potentiomètre ou mieux condensateur shunté par une résistance), de sorte que la force électromotrice de l'alternateur produise alternativement des amorçages et des désamorçages des oscillations.

Mais tous ces procédés de modulation à basse fréquence, qui forcent à faire travailler la grille au voisinage du point de décrochage des oscillations, exigent un réglage assez délicat et réduisant la puissance utile qu'on peut tirer des lampes triodes.

Un procédé plus rationnel consiste à ajouter simplement à un poste émetteur antodyne, c'est-à-dire dont la grille est excitée par couplage (inductif ou capacitif) avec le circuit de plaque à la manière ordinaire, une hétérodyne de *haute fréquence* reliée aussi à la même grille, par inductance ou capacitance, et dont le circuit de plaque est réglé séparément sur une longueur d'onde très voisine. Par exemple pour produire un son musical de fréquence $n_2 = 1000$ périodes par seconde sur longueur d'onde de 1000^{m} (fréquence $n_1 = 300000$) correspondant à l'accord du circuit d'antenne, on règle le circuit de travail et l'auto-excitation des lampes de travail sur l'une des fréquences $n_1 \pm \frac{n_2}{2} = 300560$ ou 299500 et les circuits de l'hétérodyne sur l'autre de ces fréquences, pour obtenir des battements de fréquence n_2; l'antenne ayant été préalablement accordée sur la fréquence n_1.

On règle d'abord le couplage de grille avec le circuit oscillant principal seul, de façon à obtenir l'amplitude maximum dans ce circuit oscillant sur la fréquence $n_1 + \frac{n_2}{2}$, puis on couple l'hétérodyne et l'on règle la résonance de ce dernier de façon à obtenir des battements de fréquence n_2. Ensuite, on réduit le couplage du premier circuit d'entretien pour tenir compte de l'augmentation de l'amplitude d'oscillations par l'effet de l'hétérodyne. En reliant la grille alternativement à la bobine d'entretien et à l'hétérodyne, on égalise les deux régimes correspondants mesurés à l'ampéremètre de l'antenne, puis on rétablit les deux couplages ensemble.

(¹) En principe, on intercale dans le circuit de grille, le secondaire d'un transformateur réglable dont le primaire est alimenté par le petit alternateur de modulation. Par exemple, on applique ainsi à la grille des triodes alimentés à 1200-1500 volts une force électromotrice secondaire réglable entre 150 et 300 volts.

Cet emploi d'hétérodyne haute fréquence sur le circuit émetteur diffère de l'emploi sur les appareils récepteurs, en ce que le circuit oscillant principal doit être réglé au-dessus de l'accrochage et non au-dessous, et que la modulation produite par l'hétérodyne diminue le courant efficace utilisé au lieu de l'augmenter. En effet, la limite de saturation ne permet pas de rattraper complètement pendant les alternances de grande amplitude, la réduction de puissance provoquée par les battements pendant les alternances d'amplitude réduite (¹).

Dans le cas où l'on fait travailler les triodes autour du point moyen des caractéristiques de plaque, la modulation ainsi obtenue donne une variation à peu près sinusoïdale (relativement à la basse fréquence); lorsque les lampes sont au contraire construites et excitées en vue du fonctionnement en soupape à impulsions discontinues donnant le maximum de rendement des lampes, la modulation par hétérodyne fait varier la durée pendant laquelle la lampe laisse passer le courant et réduit également l'amplitude au-dessous du courant de saturation.

Cet emploi de l'hétérodyne à haute fréquence permet d'améliorer le rendement en ondes modulées, de faire varier facilement et entre de grandes limites la note musicale obtenue par un simple réglage de la longueur d'onde de l'hétérodyne, et de réaliser des sons plus aigus que par un alternateur.

Par contre, il est plus difficile pour un personnel non spécialiste de reproduire toujours exactement le même son, car ce dernier dépend d'un réglage précis de l'hétérodyne; en outre il faut régler le circuit d'antenne sur l'onde moyenne.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur les cultures spontanées des microbes fixateurs.* Note (²) de M. S. **Winogradsky**.

Dans nos Communications antérieures nous avons montré que l'incorporation à la terre naturelle de substances diverses déclenche des pullulations de microbes, dont la nature dépend de celle des substances ajoutées.

(¹) On peut évidemment produire les mêmes battements audibles, au prix d'une plus forte consommation d'énergie, en excitant l'antenne (ou deux antennes jumelles) par deux triodes à circuits oscillants symétriques, réglés respectivement sur les deux fréquences $n_1 \pm n_2$.

(²) Séance du 19 avril 1926.

Le milieu terre devient ainsi le siège d'une *culture spontanée* d'une espèce déterminée, ou d'un groupe.

Quand il s'agit de fixateurs aérobies, ou *Azotobacter*, c'est la mannite et la glucose qui sont les plus efficaces. Il suffit d'en ajouter de 0,5 à 1 pour 100 et de tenir la terre, en couche peu profonde et convenablement humide, à l'étuve à 30°, pour la voir se peupler d'*Azotobacter*, dont le nombre atteint au bout de 48 heures quelques centaines de millions par gramme de terre, et au bout de trois jours, près de 2 milliards.

Dans une terre meuble, cette pullulation ne peut être constatée qu'au moyen de l'examen microscopique d'après notre méthode (1). Mais il est facile de faire paraître des colonies visibles à l'œil nu sur de la terre *moulée en plaques*, en se tenant au procédé suivant : on ajoute à de la terre fine 5 pour 100 d'amidon en poudre, on la pétrit en pâte épaisse avec un peu d'eau, on la presse au moyen d'une spatule dans une petite boîte de Petri, on en polit finalement la surface en se servant d'une lame de verre trempée dans l'eau. Au bout de 48 heures à l'étuve à 30°, on trouve la surface lisse de la plaque pointillée de petites colonies, hyalines ou blanchâtres, composées exclusivement d'*Azotobacter* à l'état de pureté microscopique presque complète.

Ces cultures spontanées ne se développeront, bien entendu, que dans des terres qui en hébergent les germes ; elles fourniront un moyen simple et rapide de déceler leur présence, et même de se faire une idée de leur densité.

Mais il faudra se garder de conclure immédiatement à leur absence dans des échantillons qui ne donneront pas de ces cultures. C'est qu'il arrive souvent que des terres qui n'en donnent pas, font tout de même surgir des colonies assez nombreuses, quand on en répand 1^g sur des plaques de silicogel électif (2). Les germes de ces fixateurs *se refusent donc dans ces cas de pulluler dans leur terre d'origine, tout en pullulant abondamment en dehors d'elle sur un milieu favorable.* Quelle autre raison en pourrait-on invoquer, que l'infertilité, temporaire ou durable, du milieu sol pour les microbes ? Et s'il en est ainsi, la conclusion est justifiée qu'ils ne s'y maintiennent qu'à l'état de repos, sans pouvoir y déployer leur activité.

La question se pose alors, qu'est-ce qui manque à la terre pour nourrir

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 367; *Ann. de l'Institut Pasteur*, **39**, 1925, p. 299.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 711; **182**, 1926, p. 907.

ses fixateurs. Le carbone étant en excès, l'azote hors de question, on cherchera l'amendement ou l'engrais minéral qui pourrait lui restituer sa fertilité, et l'on essaiera en premier lieu le chaulage et l'addition de phosphate soluble. Si ce sont là les amendements nécessaires, la culture spontanée ne tardera pas à paraître, par l'effet de la substance énergétique.

On conçoit les services que pourra rendre la *méthode des cultures spontanées* à l'étude de la fixation naturelle. Combinée à la méthode des plaques silico-gel, elle permettra de classer les terres au point de vue de leur *activité fixatrice* et d'en faire le diagnostic. Nous en traiterons dans une prochaine Communication.

Revenant sur les facteurs déterminant la pullulation des fixateurs dans le sol, il importe de noter :

1° Que non seulement les substances ci-dessus nommées, mais un grand nombre de corps chimiques, entre les hexoses, pentoses, polysaccharides, alcools, acides organiques, exercent un effet semblable, sans toutefois produire des pullulations aussi abondantes. En général, on peut affirmer, qu'une terre normale, bien aérée et convenablement humide, enrichie de carbone assimilable *sans augmentation du taux de l'azote combiné*, ne réagit, dans la grande majorité des cas, que par la pullulation de microbes cocciformes, reconnaissables comme des *Azotobacter;*

2° Que, par contre, toute augmentation de l'azote nitrique ou ammoniacal (sans parler de l'azote organique) aura pour effet immédiat de réduire leur nombre, en cas de dose minime, de les supprimer complètement, en cas de dose plus élevée, en les remplaçant par des bacilles banaux du sol. Comme nous l'ont montré des expériences spéciales, une dose d'azote nitrique n'atteignant environ que 5 pour 100000 du poids de la terre, ne dépassant que légèrement 1 pour 100 du carbone ajouté, a suffi pour ramener la densité des *Azotobacter* à $\frac{1}{25}$ de ce qu'elle était dans la portion-témoin sans nitrate; une dose double a empêché toute pullulation dans la terre, qui a été envahie par des bacilles. Ce fait, qui pourrait paraître énigmatique, s'explique tout simplement par le grand écart dans le rythme des pullulations propre aux deux groupes antagonistes; grâce à lui, le milieu est envahi et la substance énergétique épuisée — bien avant que les fixateurs puissent se mettre en activité — par des bacilles, aussitôt que ceux-ci y trouvent le taux d'azote combiné qui leur est indispensable. Ce n'est que le manque d'azote assimilable, ou un rapport Az : C trop réduit, qui paralyse les bacilles et permet aux fixateurs de s'emparer de la substance offerte.

MICROBIOLOGIE. — *L'agent de la scarlatine.*

Note de MM. **Charles Nicolle**, **E. Conseil** et **P. Durand**.

Nos recherches expérimentales sur la scarlatine remontent à une douzaine d'années. Successivement, nous avons tenté la reproduction de la maladie chez tous les animaux de laboratoire en variant les produits inoculés (sang, urine, exsudats pharyngés), l'époque de leur prélèvement (début, période d'état de la maladie) et le siège des inoculations. Nous n'avons obtenu que des résultats négatifs, même chez les singes inférieurs.

La scarlatine étant constamment bénigne en Tunisie, nous avons répété nos essais sur des hommes de bonne volonté sans rien obtenir non plus. De tels résultats, lorsqu'il s'agit d'une maladie aussi évidemment contagieuse que la scarlatine, ne peuvent s'expliquer que par une immunité consécutive à des atteintes antérieures frustes. Or on sait que la scarlatine offre, à côté de sa forme typique de « fièvre écarlate », des formes légères, réduites à une angine sans éruption. Nous étions donc arrivés, du fait de nos recherches, à la conclusion que, pour reproduire la scarlatine dans notre espèce, il fallait s'adresser à des sujets non vaccinés.

D'autre part la question de l'agent pathogène de la maladie demeurait controversée.

Depuis longtemps la présence constante de streptocoques dans l'angine scarlatineuse avait fait penser que le streptocoque pouvait être cet agent inconnu. Les recherches récentes des Dick établissaient que les streptocoques, isolés de l'angine scarlatineuse, présentaient des caractères un peu spéciaux. Forts de ces constatations et de l'existence de réactions humorales probablement spécifiques dans le sérum des malades ou convalescents de scarlatine, les Dick entreprirent de rechercher s'il existait, dans notre espèce, une réaction permettant de reconnaître que les sujets étudiés avaient présenté ou non une atteinte scarlatineuse antérieure. Ils constatèrent par l'emploi de produits, dérivés des cultures de leur streptocoque, que les personnes inoculées se divisaient en deux catégories : l'une réagissant positivement par la production d'une liaison érythémateuse au point de la peau inoculé; dans l'autre, les sujets ne présentaient aucune réaction locale. Ils préconisèrent, chez les seconds, considérés comme sensibles à la scarlatine, la vaccination préventive par emploi de cultures mortes de leur streptocoque. Cette méthode a été déjà employée, non seulement en Amé-

rique par ses auteurs, mais encore dans d'autres pays tels que la Pologne, la Russie. Son efficacité ne pouvait être jugée qu'à la longue, car, lorsque les Dick eussent rapporté deux cas d'inoculation positive de leur streptocope à l'homme, une confirmation indiscutable était hautement désirable.

Aux expériences des Dick s'opposaient les expériences des savants italiens de l'école napolitaine dirigée avec une grande autorité par R. Jemma. Ceux-ci incriminaient un microcoque anaérobie spécial, isolé chez les scarlatineux, et ils apportaient, en faveur du rôle de ce microbe, des arguments sensiblement égaux à ceux sur lesquels les Dick fondaient leur conception.

Partant de cette opinion que nous avons dite et qui était celle des savants américains, à savoir que certains sujets seuls étaient susceptibles de contracter la scarlatine expérimentale, nous avons étudié la sensibilité de plusieurs sujets volontaires, non pas au moyen d'un réactif analogue à celui des Dick, mais par l'emploi d'une urine scarlatineuse qui nous donnait une réaction identique, nette chez certains individus, nulle chez les autres.

Deux sujets, choisis dans la première catégorie, ont reçu ensuite par voie *intra-amygdalienne*, l'un le produit de broyage d'une parcelle d'amygdale, prélevée chez un malade atteint de scarlatine à la période d'état, l'autre une goutte d'une culture du streptocoque, isolé du même cas, au quatrième passage sur milieux artificiels. Le premier a présenté une angine scarlatineuse sans éruption, le second une scarlatine typique avec son incubation, sa fièvre brusque, son éruption et la desquamation classique.

Cette expérience apporte aux travaux des Dick la confirmation expérimentale qui leur manquait. Elle démontre que leur conception était exacte et les conclusions pratiques qui en découlent, fondées. Toute discussion devient donc vaine. Un streptocoque est bien l'agent de la scarlatine. La vaccination préventive contre cette maladie s'impose par conséquent, dans les conditions formulées par les Dick ou dans des conditions voisines. Et l'on peut espérer que bientôt l'application de cette méthode fera disparaître le danger d'une contagion qui, en Europe, particulièrement dans le corps médical, fait encore de nombreuses victimes.

M. C. **Matignon** fait hommage à l'Académie d'un volume, intitulé *Dix ans d'Efforts Scientifiques et Industriels* (1914-1924), publié sous la direction de M. Jean Girard, auquel il a collaboré, ainsi que plusieurs membres de l'Académie.

En offrant à l'Académie une brochure intitulée : *Le calcul nomographique avant la nomographie* (¹), M. d'Ocagne s'exprime ainsi :

Dans toutes les branches d'application où l'emploi de tracés géométriques a pu être substitué, de façon simple et commode, à certains calculs numériques plus ou moins compliqués, les solutions particulières ont toujours et partout précédé l'éclosion des principes de large portée sur lesquels ont pu être fondées de véritables disciplines, sans même que les auteurs de ces solutions particulières aient soupçonné l'existence possible de ces principes. Ç'a été notamment le cas, comme on sait, pour la géométrie descriptive et la statique graphique; ce l'est de même pour la nomographie. Par exemple, la classique règle à calcul, dont l'origine remonte au premier quart du XVIIᵉ siècle, constitue bel et bien un exemple, très particulier et très simple à la vérité, de nomogramme à plan mobile sur lequel la liaison graphique est constituée par la simultanéité de quatre contacts, nomogramme général dont j'ai, pour la première fois, fait connaître le type en 1893 (²), auquel se rattachent aussi les nomogrammes à plan orienté de M. Margoulis (³), correspondant au cas où l'un des quatre contacts a lieu entre l'axe des x du plan mobile et le point à l'infini sur l'axe des x du plan fixe. Mais, longtemps même avant cette époque, et dès le Moyen âge, se rencontrent divers instruments de calcul, d'une extraordinaire ingéniosité pour les temps où ils ont été conçus, qui rentrent exactement aujourd'hui dans le cadre de la nomographie, grâce à quoi leur théorie devient, au reste, des plus aisées. Tel est notamment le cas du *Quadratum horarium generale*, attribué à Regiomontanus, qui permet de déterminer l'heure d'après la hauteur du soleil, et auquel M.-P. Luckey a consacré une intéressante notice historique.

Dans le présent travail, je passe en revue un certain nombre de ces anciens instruments de calcul bien antérieurs, non seulement à l'institution de la nomographie, mais même à l'invention des diverses méthodes dont cette discipline est venue opérer la synthèse; ces instruments n'en sont pas moins de curieux exemples de calcul nomographique. Cette étude fait, une fois de plus, nettement apparaître la justesse de cette observation que des

---

(¹) Extraite du *Volume jubilaire de la Société scientifique de Bruxelles* (1926).
(²) *Comptes rendus*, **117**, 1893, p. 216 et 277.
(³) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1664 et 1684.

solutions d'espèce, résultant de certaines circonstances particulières, sont bien loin de pouvoir être regardées comme l'embryon des méthodes générales auxquelles il a été possible de les rattacher *a posteriori*. S'il en était autrement, on ne s'expliquerait pas que des intervalles d'un demi-siècle ou d'un siècle entier, voire de plusieurs siècles, se fussent écoulés entre ces solutions particulières et ces méthodes générales, sans qu'aucune solution de même genre ait vu le jour.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Physique végétale*, vacante au Muséum d'Histoire naturelle.

(Renvoi aux Sections de Botanique et d'Économie rurale).

M. **J.-L. Breton** prie l'Académie de bien vouloir désigner un de ses membres qui remplacera, dans la *Commission supérieure des Inventions*, M. *A. Haller* décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les amas globulaires d'étoiles et leurs relations dans l'espace*, par Const. Parvulesco.

2° *Le « Navigo », Appareil du Lieutenant-Aviateur* Octave Lafay, *destiné à faciliter la résolution de quelques problèmes de navigation aérienne*, par A. Lafay. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° J.-H. Jeans. *Théorie du rayonnement et des quanta,* traduit par G. Juvet. (Présenté par M. J. Hadamard.)

M. **G. Zumoffen** adresse un Ouvrage intitulé *Géologie du Liban* et une *Carte géologique du Liban*, qu'il a publiés, grâce à une subvention accordée en 1924 sur la Fondation Loutreuil à l'**Université Saint-Joseph de Beyrouth**.

CALCUL VECTORIEL. — *Courbure et divergence.*
Note de M. **Axel Egnell**, présentée par M. G. Kœnigs.

En vue d'établir un rapprochement entre certains concepts géométriques et d'autres concepts ressortissant habituellement du domaine de la mécanique ou de la physique, je me propose d'énoncer ci-après quelques propositions qui mettent en évidence une relation étroite entre les notions de *courbure* des figures géométriques et celle de *divergence* de vecteurs appropriés, définis en tous les points de ces figures.

1. Soit C une courbe plane ou gauche de l'espace ordinaire. Désignons par **N** un vecteur-unité, parallèle à la normale principale de C, mais de sens opposé, et attribuons à **N** une valeur constante dans le plan normal de C. La divergence de **N**, calculée en tous les points de C, est égale à la courbure de cette courbe.

2. Envisageons une surface quelconque S_0 et choisissons arbitrairement une famille de surfaces S dont fait partie S_0. Désignons par **M** un vecteur-unité, perpendiculaire en chaque point à la surface qui y passe. La divergence de **M**, calculée en un point quelconque de S_0, est égale à la courbure moyenne de la surface en ce point.

3. Si, en particulier, la famille S est constituée par toutes les surfaces parallèles à S_0, la courbure totale K de S_0 est donnée par l'expression

$$K = \frac{1}{2} \operatorname{div}(\mathbf{M} \operatorname{div} \mathbf{M}).$$

4. Définissons sur une surface S deux vecteurs-unité rectangulaires arbitraires **U** et **V**, parallèles à la surface et fonctions de point continues sur la surface. On a alors la relation

$$K = -\operatorname{div}(\mathbf{U} \operatorname{div} \mathbf{U} + \mathbf{V} \operatorname{div} \mathbf{V}),$$

les divergences étant calculées dans l'espace à deux dimensions que forme la surface.

5. Considérons un système triple orthogonal quelconque et désignons par **O**, **P**, **Q** trois vecteurs-unité, définis en chaque point de l'espace et perpendiculaires chacun à l'une des trois surfaces qui passent au point considéré. Le nombre

$$\operatorname{div}(\mathbf{O} \operatorname{div} \mathbf{O} + \mathbf{P} \operatorname{div} \mathbf{P} + \mathbf{Q} \operatorname{div} \mathbf{Q})$$

est égal à la somme des courbures totales des trois surfaces qui se rencontrent au même point.

6. Soit $\mathfrak{R}_p$ un espace de Riemann à p dimensions, plongé dans un espace euclidien E_n à $p+q$ dimensions. En chaque point de $\mathfrak{R}_p$ on peut mener q droites, perpendiculaires entre elles et perpendiculaires à $\mathfrak{R}_p$. Appelons q-èdre la figure formée par ces droites et désignons par $\mathbf{M}_1$, $\mathbf{M}_2$, ..., $\mathbf{M}_q$ des vecteurs-unité, parallèles chacun à l'une des droites du q-èdre et constants dans l'espace euclidien défini par celui-ci. Quelle que soit la façon dont on fait varier sur $\mathfrak{R}_p$ le q-èdre en question, le vecteur

$$\mathbf{P} = \mathbf{M}_1 \operatorname{div} \mathbf{M}_1 + \mathbf{M}_2 \operatorname{div} \mathbf{M}_2 + \ldots + \mathbf{M}_q \operatorname{div} \mathbf{M}_q \tag{1}$$

reste invariant et son module est égal à la courbure moyenne de $\mathfrak{R}_p$.

7. Considérons, dans l'espace $\mathfrak{R}_p$, une courbe quelconque C. Sa normale principale, menée dans l'espace E_n dans lequel est plongé $\mathfrak{R}_p$, est une certaine droite d. Soit $\mathbf{D}$ un vecteur parallèle à d, constant dans l'espace E_{n-1} perpendiculaire à C et d'un sens convenable. Désignons par $\mathbf{G}$ un vecteur-unité, parallèle en chaque point de $\mathfrak{R}_p$ à la projection orthogonale de $\mathbf{D}$ sur cet espace. La divergence de $\mathbf{G}$, calculée dans l'espace $\mathfrak{R}_p$, est égale à la courbure géodésique de C. En particulier, la divergence d'un vecteur-unité, parallèle à une surface et perpendiculaire à une courbe tracée sur la surface, est égale à la courbure géodésique de la courbe.

8. Supposons les points de l'espace euclidien E_n définis par une origine arbitraire et un rayon-vecteur $\mathbf{R}$. On obtient les points de $\mathfrak{R}_p$ en exprimant le vecteur $\mathbf{R}$ comme fonction de p paramètres u_1, u_2, ..., u_p. Ces paramètres constituent un système de coordonnées curvilignes dans $\mathfrak{R}_p$. Soit $\mathbf{R}^\mu$ le gradient de la fonction u_μ. Évaluons dans E_n la dérivée de ce vecteur par rapport à un second paramètre u_ν et désignons par $\mathbf{R}^\mu_\nu$ la composante perpendiculaire à $\mathfrak{R}_p$ de ce vecteur dérivé. La divergence de $\mathbf{R}^\mu_\nu$, changée de signe, est égale au tenseur contracté G^μ_ν de Riemann-Einstein.

9. La divergence du vecteur $\mathbf{P}$, défini par (1), est égale à l'invariant de Riemann

$$\operatorname{div} \mathbf{P} = R = \sum_\mu G^\mu_\mu.$$

10. Considérons enfin un espace de Riemann $\mathfrak{R}_p$, repéré à l'aide d'un système p-uple orthogonal, et désignons par $\mathbf{U}_1$, $\mathbf{U}_2$, ..., $\mathbf{U}_p$ des vecteurs-unité parallèles aux courbes de coordonnées de l'espace. Formons le vecteur

$$\mathbf{Q} = \mathbf{U}_1 \operatorname{div} \mathbf{U}_1 + \mathbf{U}_2 \operatorname{div} \mathbf{U}_2 + \ldots + \mathbf{U}_p \operatorname{div} \mathbf{U}_p. \tag{2}$$

Désignons par $K^{(2)}_\sigma$, $K^{(p-1)}_\tau$, $K^{(p)}$ la moitié de l'invariant R, calculé respective-

ment pour une surface de coordonnées, pour un espace de coordonnées d'ordre $p-1$ et pour l'espace $\mathfrak{R}_p$. La divergence du vecteur **Q** représente l'une et l'autre des expressions suivantes :

$$\operatorname{div}\mathbf{Q}=\sum_\sigma K_\sigma^{(2)}-2K^{(p)}=\sum_\tau K_\tau^{(p-1)}-(p-1)K^{(p)},$$

les sommes étant étendues respectivement à toutes les surfaces de coordonnées et à tous les espaces de coordonnées d'ordre $p-1$. Il en résulte, en particulier, que l'invariant R relatif à l'espace $\mathfrak{R}_p$ peut être exprimé sous la forme

$$R=-\operatorname{div}\mathbf{Q}-\sum_\sigma \operatorname{div}_2\mathbf{Q}_\sigma,$$

$\mathbf{Q}_\sigma$ désignant le vecteur **Q** défini par (2), mais réduit aux deux termes qui correspondent à la surface de coordonnées S_σ, et la divergence de $\mathbf{Q}_\sigma$ étant calculée sur cette surface.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la géométrie conforme des surfaces et des systèmes triples orthogonaux.* Note de M. **A. Demoulin.**

Attachons à tout point M d'une surface, rapportée au réseau (u, v) de ses lignes de courbure, un pentasphère P composé de sphères S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, définies comme il suit : S_1, S_2 sont les sphères de courbure géodésique, en M, des lignes $u=$ const., $v=$ const. qui passent par ce point; S_3 est la sphère harmonique relative au point M; S_4 est orthogonale aux sphères S_1, S_2, S_3 et touche les sphères principales relatives au point M; S_5 est orthogonale aux sphères S_1, S_2, S_3, S_4. Le pentasphère P a dix rotations $\xi, \eta, \zeta, \ldots, \sigma$ lorsque u varie seul, et dix rotations $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \ldots, \sigma_1$, lorsque v varie seul. En vertu de résultats indiqués dans notre Note du 28 juillet 1905 [1], on a

$$(1)\qquad \begin{cases} p=0, & q_1=0, & r=0_1, \\ \lambda=i(\xi-q), & \mu=i\eta, & \nu=i\zeta, \\ \lambda_1=i\xi_1, & \mu_1=i(\eta_1-p_1), & \nu_1=i\zeta_1. \end{cases}$$

Le carré de l'angle de deux sphères harmoniques infiniment voisines est égal à $q^2\,du^2+p_1^2\,dv^2$. Les coordonnées pentasphériques $x_1, x_2, \ldots, x_5$ du

[1] *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 302.

point M satisfont à l'équation

$$D^2_{uv}x - D_v \log q\, D_u x - D_u \log p_1\, D_v x - D^2_{uv} \log q p_1\, x + 0.$$

Pour que qp_1 soit une solution de cette équation, il faut et il suffit que q et p_1 soient liées par une relation.

Les seize rotations non généralement nulles sont liées par dix relations différentielles. Celles-ci peuvent être remplacées par les suivantes, où figure une fonction auxiliaire Ω_3 :

(2) $\zeta = D_u \log p_1, \quad \zeta_1 = - D_u \log q, \quad \sigma = - i D_u \log p_1, \quad \sigma_1 = - i D_u \log q,$

(3)
$$\left\{\begin{aligned} \xi_1 &= -(D^2_{uv} \log q + D_u \log p_1\, D_v \log q) q^{-1}, \\ \eta &= -(D^2_{uv} \log p_1 + D_u \log p_1\, D_v \log q) p_1^{-1}, \\ \xi &= q(1 + \Omega_3), \quad \eta_1 = p_1(1 - \Omega_3), \end{aligned}\right.$$

(4) $$q\, D_u \eta_1 p_1 = p_1\, D_v \eta q, \qquad p_1\, D_v \xi q = q\, D_u \xi_1 p_1.$$

Si l'on porte, dans les égalités (4), les expressions (3) de ξ, η, ξ_1, η_1, il vient, A, B désignant des fonctions de q, de p_1 et de quelques-unes de leurs dérivées

(5) $$D_u \Omega_3 = - 2 D_u \log p_1\, \Omega_3 + A, \qquad D_v \Omega_3 = - 2 D_v \log q\, \Omega_3 - B,$$

En écrivant la condition d'intégrabilité pour Ω_3, on trouve

(6) $$(D^2_{uv} \log p_1 - D^2_{uv} \log q)\Omega_3 = B D_u \log p_1 + A D_v \log q + \frac{1}{2}(D_u A + D_v B).$$

Si la surface n'est pas isothermique, cette équation peut être résolue par rapport à Ω_3, et, en portant la valeur de Ω_3 dans les égalités (5), on obtient deux relations différentielles entre q et p_1. Réciproquement, si deux fonctions q, p_1, dont le rapport n'est pas le quotient d'une fonction de u par une fonction de v, satisfont à ces relations, il y a un pentasphère P, et un seul, défini à une transformation conforme près, dont les rotations sont données par les formules (1), (2), (3), (6), et une des intersections des sphères S_1, S_2, S_3 de ce pentasphère, décrit une surface pour laquelle le carré de l'angle de deux sphères harmoniques infiniment voisines, égale $q^2 du^2 + p_1^2 dv^2$.

Pour déterminer le mouvement de P, il faudra intégrer un système de cinq équations linéaires aux différentielles totales.

Si la surface est isothermique, on peut poser $p_1 = q$ et le système (5) devient

(7) $$D_u \Omega_3 q^2 = D_u q^2 + D_v(q^{-1} D^2_{uv} q), \qquad D_v \Omega_3 q^2 = - D_v q^2 - D_u(q^{-1} D^2_{uv} q).$$

On déduit de là l'équation

$$(8) \qquad (D_{u^2}^2 + D_{v^2}^2)(q^{-1} D_{uv}^2 q) + 2 D_{uv}^2 q^2 = 0,$$

déjà obtenue par M. Rothe et par M. Calapso. Si l'on en connaît une solution, les équations (7) donneront pour Ω_3 une expression contenant une constante arbitraire. Par suite, à chaque solution de l'équation (8) correspond une infinité simple de surfaces isothermiques, résultat dû à M. Calapso. Soient Σ_1, Σ_2 deux surfaces de cette famille, Σ'_1 une transformée de Darboux de Σ_1, convenablement choisie, Σ'_2 une transformée de Cristoffel de Σ_2, convenablement choisie. Les couples (Σ_1, Σ'_1), (Σ_2, Σ'_2) se correspondent dans la transformation que Cl. Guichard a signalée en 1903, et que M. Bianchi et nous-même avons retrouvée, indépendamment l'un de l'autre, et sous des formes très différentes, en 1905.

Dans une conférence faite le 10 mars 1922 à la Société mathématique de Belgique (voir *Mathesis*, supplément de décembre 1922), nous avons établi les résultats qui précèdent, sans d'ailleurs faire usage de la méthode du pentasphère mobile. L'objet principal de cette conférence, dont nous avons donné un résumé, en 1924, au congrès international des mathématiciens de Torento, était la détermination des invariants différentiels des surfaces pour le groupe conforme. Nous y avons démontré qu'un tel invariant est une fonction des invariants du troisième ordre Ω_1, Ω_2 de M. Tresse (définis au moyen d'angles de sphères principales infiniment voisines), de l'invariant Ω_3, considéré plus haut, et de quantités obtenues en effectuant sur Ω_1, Ω_2, Ω_3 des opérations X_1, X_2 qui sont précisément celles que M. Vessiot a introduites dans une Note récente (¹).

Pour étudier les systèmes triples orthogonaux en géométrie conforme, on pourra attacher à tout point M de l'espace le pentasphère dont trois des sphères sont les sphères harmoniques, en M, des surfaces du système qui passent par ce point, une des deux autres étant la sphère circonscrite à l'hexaèdre dont les faces sont les sphères principales, en M, des surfaces considérées.

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 752.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions presque périodiques d'une variable complexe, définies dans tout le plan.* Note de M. **F.-P. Bessonoff**, présentée par M. Hadamard.

M. H. Bohr a développé la théorie des fonctions presque périodiques (1). Dans le cas des fonctions d'une variable complexe, sa définition s'applique aux fonctions définies dans une bande $\alpha < x < \beta$, où x est la partie réelle d'une variable complexe. Suivant une suggestion de M. Lusin, je vais proposer une définition de la presque périodicité qui se rapporte aux fonctions analytiques définies dans tout le plan.

Je n'applique cette notion qu'aux fonctions méromorphes.

I. *Définition.* — Une fonction méromorphe $f(z)$ est dite « presque périodique », si à tout couple de nombres positifs ε et ρ correspond une longueur $l(\varepsilon, \rho)$ telle que chaque carré de côté l parallèle à l'axe réel contienne au moins une « presque-période » $\tau = \tau(\varepsilon, \rho)$, c'est-à-dire un nombre τ satisfaisant à l'inégalité

$$|f(z+\tau) - f(z)| \leqq \varepsilon,$$

pour toutes les valeurs de z quand z ne se trouve pas à l'intérieur des cercles de rayon ρ ayant les pôles de $f(z)$ et $f(z+\tau)$ pour centres.

Théorème. — *Toute fonction entière presque périodique se réduit à une constante.*

Toute fonction elliptique est un exemple banal de fonction presque périodique. Je vais donner un exemple d'une fonction méromorphe presque périodique, et non périodique.

II. Soit $\varphi(z)$ une fonction elliptique. Hors des cercles de rayon ρ_0

$$|\varphi(z)| < M_0.$$

Je prends deux séries convergentes de nombres positifs

$$\rho_0, \rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n, \ldots, \qquad M_0, M_1, M_2, \ldots, M_n, \ldots,$$

et je choisis des quantités positives,

$$A_0, A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$$

(1) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 737 et 1090; *Acta Mathematica*, **45**, 1924, p. 29; *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 645; *Acta mathematica*, **46**, 1925, p. 101.

vérifiant les inégalités

$$A_i \max \left| \varphi\left(\frac{z}{2^i}\right) \right| \leq M_i \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots)$$

hors des cercles de rayon ρ_i.

Alors la série

$$f(z) = \sum_{i=0}^{\infty} A_i \varphi\left(\frac{z}{2^i}\right) \qquad (A_0 = 1)$$

converge absolument en tous les points du plan, sauf aux pôles de $f(z)$.

La fonction méromorphe $f(z)$ est presque périodique :

1° Quel que soit le couple $\varepsilon\rho$, on peut trouver un entier positif k tel que

$$\sum_{s=k}^{\infty} M_s < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Il existe alors une quantité $\tau = 2^k(p\omega + p'\omega')$ [p, p' étant entiers et ω, ω' les semi-périodes de la fonction $\varphi(z)$], qui possède la propriété désirée :

$$|f(z+\tau) - f(z)| \leq \varepsilon,$$

τ n'étant pas la période de la fonction $f(z)$.

2° Il existe au moins une « presque-période » de la fonction $f(z)$ dans chaque carré contenant un parallélogramme $(2^k\omega, 2^k\omega')$, et disposé dans une partie du plan arbitraire.

III. *Les propriétés de la classe des fonctions presque périodiques.* — Je désigne par $D_{\varepsilon_0\rho_0}$ le domaine qui se compose de tout le plan à l'exception des cercles de rayon ρ_0 entourant les pôles des fonctions $f(z)$ et $f(z+\tau)$ (τ correspond à ε_0).

1° Dans le domaine $D_{\varepsilon_0\rho_0}$ la fonction presque périodique $f(z)$ est bornée et uniformément continue.

2° Soit τ_0 une « presque-période » de $f(z)$, relative à ε_0 ; étant donné un nombre $\varepsilon > \varepsilon_0$, il existe un nombre $\delta > 0$ tel que tout nombre τ, vérifiant l'inégalité $|\tau - \tau_0| < \delta$, est une « presque-période » de $f(z)$ relative à ε.

3° La somme ou la différence $\tau_1 + \tau_2$ de deux « presque-périodes » de $f(z)$ relatives au même ε est une « presque-période » de $f(z)$ relative à 2ε.

4° La somme de deux fonctions presque périodiques $f(z)$ et $g(z)$ est une fonction de la même classe.

Corollaire a. — Deux fonctions presque périodiques $f(z)$ et $g(z)$ dont

les parties principales dans le voisinage de chaque pôle sont les mêmes, ne diffèrent que d'une constante.

Corollaire b. — La somme d'un nombre fini de fonctions elliptiques est une fonction presque périodique.

5° Le carré et le produit de deux fonctions presque périodiques sont aussi des fonctions presque périodiques.

Définition. — La convergence de la suite $f_n(z)$ de fonctions méromorphes vers une fonction méromorphe $f(z)$ est uniforme, s'il existe, pour tout couple ε et ρ un nombre N tel que pour $n > N$

$$|f(z) - f_n(z)| \leqq \varepsilon,$$

quand z se trouve hors des cercles de rayon ρ, ayant les pôles de $f(z)$ et $f_n(z)$ pour centres.

6° Si la suite $f_n(z)$ de fonctions presque périodiques converge uniformément vers une fonction méromorphe $f(z)$, cette fonction $f(z)$ est presque périodique.

Corollaire. — Si une série de fonctions elliptiques uniformément convergente représente une fonction méromorphe, cette fonction est presque périodique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la dureté par le pendule.* Note de M. **Paul Le Rolland**, présentée par M. G. Kœnigs.

Au cours d'une Communication faite à l'Académie, le 12 avril dernier, relative à la dureté acquise par certains aciers à la suite d'un traitement à l'ammoniaque, M. L. Guillet a mentionné le pendule Herbert comme donnant des résultats plus précis que la bille Brinell, dans les essais de dureté pour les corps très durs.

J'apprends à cette occasion que la méthode du pendule Herbert utilise, pour la mesure de la dureté, une détermination de durée et d'amortissement d'un pendule oscillant lentement, par roulement d'une bille sur le métal à essayer.

Or, dans une étude que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie le 23 février 1920, puis dans une Thèse de doctorat (1) soutenue le 10 mai 1922, c'est-à-dire antérieurement à la présentation de l'appareil anglais (2), j'ai établi, en particulier, les faits suivants :

(1) *Thèse*, Paris, 1922; *Annales de Physique*, 9e série, **17**, 1922, p. 244-265.

(2) Brevet anglais, 7 septembre 1922; *Engineer*, **135**, 1923, p. 390.

La durée d'oscillation, mesurée aux petites amplitudes, d'un pendule à couteau ou à cylindre roulant sur un plan est d'autant plus petite que la dureté superficielle du support est plus faible. La modification due à l'écrasement et à la déformation des surfaces en contact est en raison inverse de la distance du centre de gravité au cylindre. La décroissance des amplitudes est également fonction de la dureté des plans de suspension.

Par de nombreux exemples j'ai montré la possibilité d'étudier, par cette méthode, la dureté et les propriétés d'écrouissage des métaux, d'une façon très précise.

L'appareil Herbert utilise le roulement d'une bille, mais le principe est le même.

J'ai d'ailleurs poursuivi mes recherches sur ce sujet et j'en ferai connaître prochainement les résultats. Sous une forme pratique, un appareil de mesure très stable et de grande précision a été réalisé sur le même principe, par M. Fournery, à l'Institut polytechnique de l'Ouest à Nantes.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la théorie des fourneaux de mine.*
Note [1] de M. **Eugène Barré**, présentée par M. d'Ocagne.

I. On donne actuellement des formules du type $D = K\sqrt{C}$ pour représenter la distance extrême de projection des terres d'un fourneau. Mais ces formules, établies pour les explosions de charges placées dans des magasins à l'air libre, assez sujettes à caution dans leur domaine même d'emploi, ne peuvent logiquement être appliquées dans le cas des fourneaux. Cette insuffisance montre l'intérêt pratique de la recherche suivante qui s'appuie sur les conclusions d'une précédente Communication (8 février 1926).

II. On peut considérer la masse des terres projetées comme provenant d'un cône d'axe vertical de demi-angle au sommet α_0. Cet angle α_0, fonction de l'indice, a une valeur différente suivant qu'on adopte les bases ordinaires ou celles de Bralion. Notre théorie est fondée sur les deux remarques suivantes :

a. La direction de projection d'une molécule est celle du rayon qui la joint au centre des poudres.

Cette propriété résulte de l'étude de la configuration du fourneau. Elle

(1) Séance du 7 mars 1926.

n'est qu'approchée, mais elle l'est suffisamment pour être adoptée pratiquement.

b. Le phénomène étant de révolution autour d'une verticale, la valeur de chaque vitesse initiale est fonction de l'angle α que fait avec la verticale le rayon vecteur qui joint le centre des poudres à la particule projetée.

On ne connaît pas la loi de variation de la vitesse avec l'angle α. Cette vitesse semble bien être maximum suivant la verticale et minimum sur les bords du fourneau; mais, et cette remarque est très importante, *il semble bien que la différence de ces deux vitesses* soit assez faible par rapport à leur valeur moyenne, ce qui suggère immédiatement d'admettre en première approximation que les vitesses initiales de projection ont une valeur V_0 indépendante de l'angle α.

Il est alors facile, en se reportant aux propriétés établies dans notre première Communication, de calculer V_0 et les portées maxima. On négligera, dans ce qui suit, pour le calcul des portées, les dimensions de l'entonnoir vis-à-vis de la portée. Cette approximation, au degré de précision que l'on peut attendre ici, est tout à fait admissible.

Ces conditions de la solution du problème étant ainsi posées, nous allons indiquer ci-après les principaux résultats obtenus.

III. La portée limite P des projections d'un fourneau est donnée par la formule [1]

$$\text{(IV)} \qquad P = \frac{h\psi(n)}{h + h_0(n)} H_0, \qquad \left(H_0 = \frac{\varpi_1 g}{\Delta}\right);$$

où Δ, h et h_0 ont les significations données dans notre Note précédente, où $\psi(n)$ est une fonction de l'indice donnée par l'une des courbes de la figure ci-après, et où ϖ_1 représente le potentiel de l'explosif (en tonnes-mètres par kilogramme) et g le coefficient de solidité du terrain (charge exprimée en kilogrammes et h en mètres).

L'examen de quelques exemples nous a conduit à prendre $h_0(n) = a\sqrt{n}$ (a constante dépendant du terrain et de l'explosif employé). Dans ces exemples, il semble qu'on puisse adopter $a = 25$, avec les unités visées ci-dessus.

Pratiquement, on pourra, dans les idées des mineurs français, prendre

$$(1) \qquad \psi(n) = 3{,}10\,n^2 - 3{,}85\,n + 3{,}65,$$

---

[1] D'après cette formule P a, pour un fourneau d'indice donné, une limite donnée par la formule

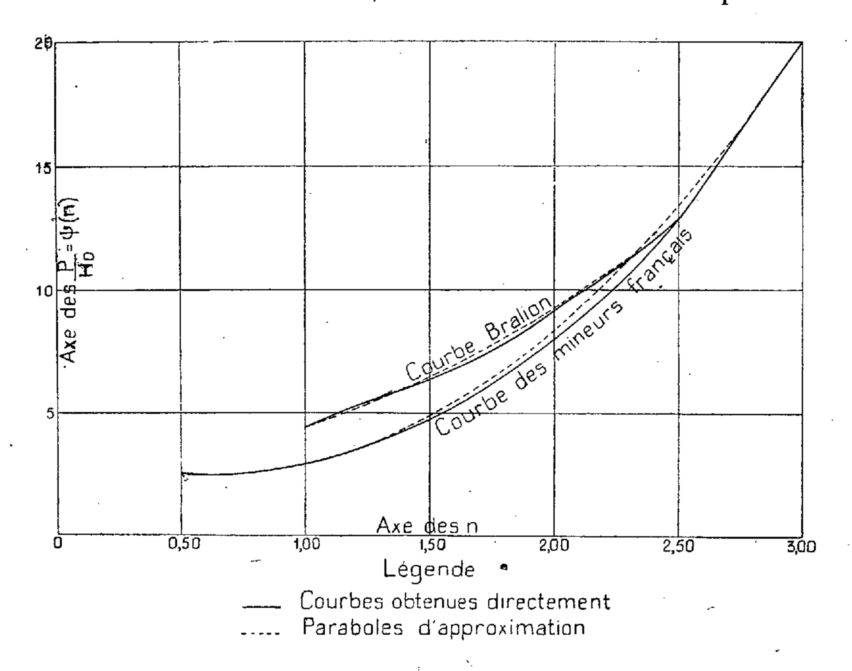
$$P = H_0\psi(n),$$

dans le cas théorique où h, c'est-à-dire l'importance du fourneau croît indéfiniment.

et avec celles de Bralion

(2) $$\psi(n) = 1,57n^2 + 0,08n + 2,77.$$

Si les formules ainsi définies, soumises au contrôle expérimental, ne



donnaient pas satisfaction, l'étude précédente conduirait tout au moins à rechercher si une formule du type

$$P = \frac{(an^2 + bn + c)h}{h + \alpha n^r},$$

où a, b, c et α sont des constantes pouvant dépendre du terrain et r un exposant numérique, ne permettrait pas de représenter les phénomènes, abstraction faite de toute interprétation théorique des coefficients.

PHÉNOMÈNES THERMIONIQUES. — *Sur les variations d'intensité du courant thermionique lorsqu'on change la distance entre le filament et l'anode.* Note (¹) de M. T.-V. **Jonescu**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié comment varie l'intensité du courant thermionique qui passe entre un filament de platine couvert d'oxyde de calcium et une

(¹) Séance du 12 avril 1926.

plaque, lorsqu'on modifie la distance qui sépare celle-ci du filament. Le déplacement est obtenu par la rotation d'une vis micrométrique et peut être mesuré à $\frac{1}{50}$ de millimètre près.

Pour une différence de potentiel constante, l'intensité du courant croît avec la température du filament; elle dépend aussi de la distribution des lignes de force électrique et par suite de la position de l'anode.

Nous nous sommes servi d'un filament de 6^{mm} de longueur, de $0^{mm},1$ de diamètre. L'intensité du courant de chauffage était comprise entre 2,4

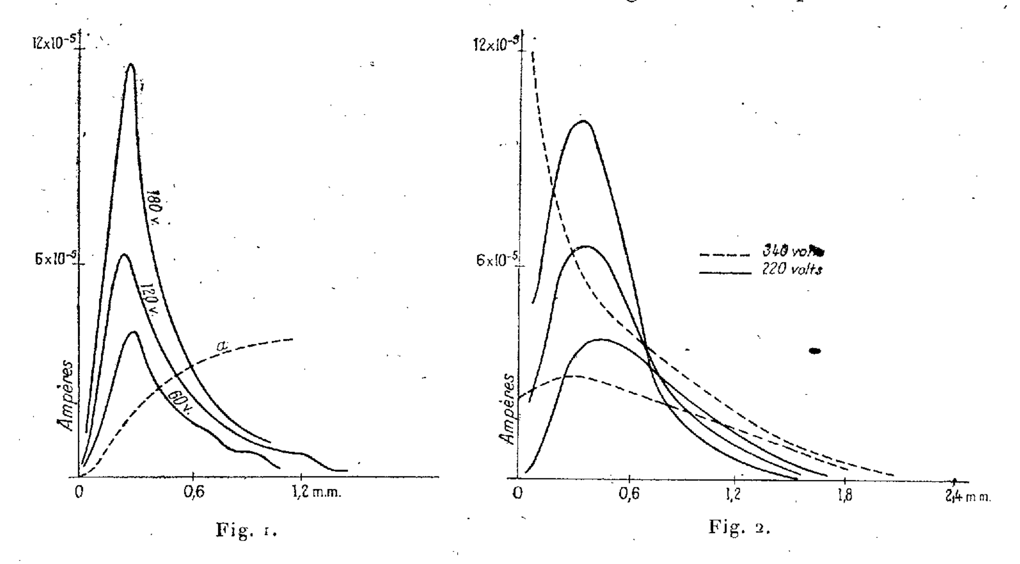


Fig. 1. Fig. 2.

et 2,7 ampères. L'anode circulaire avait un diamètre de 5^{mm}. La distance entre le filament et cette anode a varié entre $1^{mm},2$ et $0^{mm},01$.

La figure 1 représente, en ampères, le courant en fonction de la distance, pour des différences de potentiel 60, 120 et 180 volts. La différence de potentiel entre les extrémités du filament était maintenue constante.

Dans ces conditions, la température du filament ne reste pas invariable; on constate, en effet, que si l'on approche du filament une plaque au même potentiel que lui, du côté opposé à l'anode, l'éclat et la température du filament diminuent. L'intensité du courant dans le circuit de l'anode diminue aussi; la courbe *a* de la figure 1 représente ses variations.

La diminution du courant électronique pour les faibles distances de l'anode n'est cependant pas uniquement due au refroidissement du filament. Nous avons en effet tracé (*fig.* 2) des courbes pour lesquelles la température était maintenue constante; ces courbes ont encore montré que l'intensité du courant, pour la différence de potentiel 220 volts, passait par

un maximum et diminuait pour les faibles distances. On maintenait la température constante en réglant le courant de chauffage de façon à conserver une résistance constante du filament; cette résistance était mesurée au pont double.

Nous avons appliqué à l'étude de petits mouvements les variations d'intensité de courant provoquées par des changements de distance entre le filament et l'anode.

Nous approchons, par exemple, du filament à l'aide d'une vis, l'une des branches d'un diapason qui sert d'anode.

Nous réglons la distance de façon que le point de fonctionnement sur les courbes de la figure 1 soit dans la région de plus grande pente de la courbe.

En intercalant sur le circuit anodique un téléphone et en faisant vibrer le diapason, nous entendons le son fondamental de celui-ci et ses harmoniques et nous pouvons déterminer les positions des nœuds de vibration. Le procédé paraît très favorable à la détermination des lignes nodales d'une plaque.

Nous avons aussi constitué un microphone, en nous servant comme anode d'une mince feuille métallique collée sur une feuille de mica devant laquelle on parle. Le son perçu dans un téléphone intercalé dans le circuit anodique est fort et très pur. La variation d'intensité du courant obtenue est de l'ordre de 10^{-4} ampère.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un second spectre d'étincelle du fer.*

Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**.

Le spectre d'arc du fer est bien connu pour sa richesse en raies jusqu'au voisinage de la longueur d'onde 2327 A. Au delà de cette limite, le spectre d'arc photographié sur plaque ordinaire avec temps de pose modéré, diminue brusquement d'intensité. En substituant aux plaques ordinaires les plaques sensibilisées à l'huile et en posant assez longtemps, on peut constater que le spectre d'arc se prolonge dans l'ultraviolet extrême, mais n'en est pas moins affaibli et raréfié.

Le spectre d'étincelle du fer est étroitement mélangé au spectre d'arc dans toute la région visible et ultraviolette. Les raies d'étincelle (*enhanced lines* de Lockyer) se reconnaissent aisément, comme l'ont signalé d'abord

MM. Fabry et Buisson (1), sur tous les clichés d'arc au fer pris au moyen d'appareils stigmatiques, pourvu qu'on ait soin de projeter sur la fente une image de l'arc s'étendant jusqu'aux électrodes. On obtient alors, outre les raies d'arc proprement dites, qui recouvrent toute la hauteur du spectre, des raies qui apparaissent seulement au voisinage des électrodes et particulièrement du côté de l'anode. Ces raies se marquent sur les clichés comme raies courtes, n'existant parfois que d'un seul côté. La planche I, spectre 3, de l'Atlas de MM. Buisson et Fabry, fait voir nettement les raies d'étincelles courtes mélangées aux raies d'arc longues.

Un autre moyen très sûr de séparer les raies d'arc des raies d'étincelle est fourni par l'étude de l'étincelle sous l'eau. Les raies d'arc apparaissent dans ces conditions comme raies d'absorption, les raies d'étincelle comme raies d'émission. Nous avons publié (2) une liste étendue des raies du fer qui sont spontanément renversées dans le spectre de l'étincelle sous l'eau. Les raies qui ne subissent pas le renversement sont les raies d'étincelle.

Il nous a paru intéressant de poursuivre l'étude comparative des spectres d'arc et d'étincelle du fer au delà de la fin du spectre classique, dans la région qui s'étend de 2300 à 1850 Å. De nombreux clichés pris en projetant sur la fente du spectrographe des images de l'arc et de l'étincelle condensée nous ont permis d'observer les faits suivants :

1° A partir de la longueur d'onde 2300 Å environ, le spectre d'arc et le spectre d'étincelle condensée deviennent tout à fait différents, au point qu'il est difficile de retrouver dans l'un les raies caractéristiques de l'autre.

2° Les raies polaires de MM. Fabry et Buisson apparaissent dans le spectre de l'étincelle condensée comme raies *longues*, renforcées au centre et amincies aux bouts. Elles constituent un premier spectre d'étincelle du fer, que nous désignerons provisoirement par E_1.

3° A côté des raies E_1, le spectre de l'étincelle condensée contient des raies d'un type d'excitation plus élevé, que nous appelons provisoirement E_2. Ces raies n'existent pas dans le spectre d'arc, elles apparaissent dans le spectre d'étincelle condensée comme raies *courtes*, plus intenses aux extrémités qu'au centre (3). Il est probable que les spectres E_1 et E_2 sont les spectres d'étincelle du premier et du second ordre du fer (Fe II et Fe III).

(1) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 751.

(2) Voir Léon et Eugène Bloch, *Journ. de Phys. et le Rad.*, 3, 1922, p. 309.

(3) Des observations du même genre ont été faites sur d'autres métaux par Nakamura et Kimura, *Jap. Journ. of Phys.*, 3, 1924, p. 51.

4° Les raies E_2 ne font leur apparition qu'à partir de $\lambda = 2250\,\text{Å}$, sont nombreuses et intenses dans la région 2100, et existent seules, à l'exclusion des raies E_1, au-dessous de $\lambda = 2000$.

Le tableau suivant contient, à titre d'exemple, les longueurs d'onde de quelques raies E_1 et E_2, mesurées à quelques centièmes d'Angström près, par rapport aux raies du cuivre d'Eder :

Raies E_1.		Raies E_2.	
2164,30	2136,45	2100,85	2084,27
61,99	10,69	2099,21	78,88
61,09	2080,20	97,62	70,43
50,58	65,87	97,37	68,17
47,64	63,60	91,25	61,60 (double)
46,00	51,05	90,04	59,59
			58,49

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'emploi du magnésium comme électrodes-supports en analyse spectrale.* Note de M. **E. Dureuil**, présentée par M. A. Cotton.

Pour la recherche des éléments dans les précipités, les produits métallurgiques ou les minéraux, le spectroscopiste a actuellement à sa disposition plusieurs techniques opératoires qui n'ont pas toutes la même valeur suivant la nature du composé étudié ou des éléments recherchés dans ce composé.

La technique des spectres d'arc présente un caractère de généralité qu'on ne retrouve pas dans les autres méthodes, au point de vue de la sensibilité et de la rapidité des essais; toutefois les spectrogrammes qu'elle permet d'obtenir sont difficiles à étudier dans la région comprise entre 7000 et 3500 U. A. par suite de l'apparition des bandes de Swan.

La technique des spectres d'étincelles, appliquée directement aux composés conducteurs et par l'intermédiaire des sels fondus aux composés non conducteurs, a permis à A. de Gramont (¹) de déterminer les raies ultimes de la plupart des éléments; cependant on peut reprocher à la méthode des sels fondus son manque de sensibilité, dû à la dilution dans le flux de l'élément à rechercher.

(¹) A. de Gramont, *Analyse spectrale appliquée aux recherches de chimie minérale*, Paris, 1923, p. 261.

Pour remédier à cet inconvénient on est obligé d'utiliser une quantité relativement importante ($0^g,05$ à $0^g,1$) de la substance à étudier, ce qui n'est pas toujours possible. D'autre part, le platine de la cuiller qui sert de support au sel en fusion peut être dans certains cas (phosphates, arséniates, sulfures, etc.) fortement détérioré.

Les spectres de flamme oxyacétylénique (¹) sont précieux pour la recherche des alcalis, mais nécessitent une grande quantité de substance.

J'ai donc été conduit à rechercher un métal donnant le minimum de raies et susceptible d'être employé comme support dans la plupart des cas. Le magnésium convient très bien. Son spectre comprend seulement une cinquantaine de raies.

Dans la région comprise entre 7000 et 3500 U. A., il présente seulement une dizaine de raies fortes qui ne masquent aucune raie ultime.

Le magnésium industriel donne les raies ultimes très faibles de Cu, Fe, Mn, Si, Ca, Na, Al et C; ces impuretés seraient gênantes seulement pour la recherche de traces infimes de ces éléments.

Les électrodes utilisées ont la forme de cylindres de 1^{cm} de diamètre; la substance à étudier est placée dans une cavité de 1^{mm} environ de diamètre creusée dans l'électrode positive.

Pour l'étude de très faibles quantités de matière ne dépassant pas 2 à 3^{mg}, l'électrode supérieure est pleine et taillée en cône très effilé.

Ces électrodes peuvent être utilisées soit pour la production des spectres d'arc, soit pour la production des spectres d'étincelles.

Dans le premier cas il faut utiliser un courant continu dont l'intensité ne dépasse pas 1 ampère sous 110 volts, pour éviter l'inflammation des électrodes. Dans le second cas le dispositif électrique utilisé est celui de A. de Gramont (¹).

Ces électrodes ont été expérimentées dernièrement aux cours d'essais effectués au laboratoire de Gramont. Leur emploi a été reconnu particulièrement utile pour l'étude des métaux de la mine de platine (avec quelques milligrammes de mousse métallique de cette famille, l'iridium a été identifié très facilement), de même pour la recherche des alcalis Na, K, Li, Rb, Cs et des alcalino-terreux, Ca, Sr, Ba, et surtout pour la détermination des minéraux non conducteurs. Tel est le cas des minéraux qui résistent à l'action des carbonates en fusion tels que zircon, cassitérite, rutile, chromite et des minéraux métalliques (sulfures, oxydes ou sulfosels)

(¹) *Loc. cit.*, p. 231.

peu conducteurs qui donnent directement de mauvais spectres d'étincelles. Même avec des traces de ces substances, les raies ultimes des éléments qui les composent viennent avec une netteté remarquable.

Ce fait est très probablement dû à l'action réductrice puissante du magnésium; celui-ci à la haute température de l'étincelle ou de l'arc déplace de leurs combinaisons les métaux qui fournissent alors leurs spectres de dissociation dans des conditions plus favorables.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire du camphre.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Cotton.

Cette Note a pour objet, d'une part de signaler le résultat de nouvelles mesures et d'autre part de répondre à des remarques faites ici même par M. Louis Longchambon [1].

J'ai montré qu'en solution dans l'acide sulfurique le camphre droit donnait une solution lévogyre [2]. En solution dans l'acide phosphorique concentré (1^g de camphre dans 50^{cm^3} de PO^4H^3 à 87 pour 100), on obtient une solution lévogyre pour une partie du spectre visible et dextrogyre pour l'autre partie. Je joins les pouvoirs rotatoires à ceux donnés précédemment :

λ en U.Å.	6708.	6103.	5893.	5780.	5460.	4602.	4358.
$[\alpha]$ dans C^6H^{12}.	41,7	54,2	60,2	63,63	76	140,1	175,1
$[\alpha]$ dans SO^4H^2.	−43,8	−55,0	−60,1	−63,1	−73	−114,7	−136,8
$[\alpha]$ dans PO^4H^3.	− 2,1	− 1,7	− 1,5	− 1,2	− 0,25	+ 8,8	+ 15,5
d'où $\frac{\delta}{\Delta}$	0,513	0,510	0,512	0,511	0,511	0,515	0,511

$\frac{\delta}{\Delta}$ désigne la quantité $\frac{[\alpha]C^6H^{12}-[\alpha]PO^4H^3}{[\alpha]C^6H^{12}-[\alpha]SO^4H^2}$. Ce rapport, d'une constance remarquable dans tout le spectre, montre que les courbes de dispersion se déduisent les unes des autres tout en vérifiant la règle des mélanges de Biot relative à deux espèces (comme l'a montré M. Darmois).

Ces résultats purement expérimentaux prouvent bien que le camphre se comporte comme un mélange de deux espèces actives de dispersions différentes ainsi que je l'ai montré.

Dans un travail important [3] M. Louis Longchambon a montré l'intérêt

---

[1] L. Longchambon, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 769.
[2] R. Lucas, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 378.
[3] L. Longchambon, *Thèse*, Paris, 1923; *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 951.

qu'il y avait à considérer la dispersion rotatoire des corps actifs à l'état cristallin; ces considérations ont permis de mieux comprendre l'origine des anomalies de l'acide tartrique. Dans le cas particulier du *camphre*, une comparaison des activités optiques à l'état cristallin, à l'état liquide et en solution dans l'éther et l'hexane, avait conduit M. Longchambon à admettre l'identité des dispersions de la molécule chimique et du cristal. Ces dernières conclusions sont donc nettement différentes des miennes; le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = 55$ environ dans l'éther et l'hexane montre l'existence d'une fraction appréciable de forme gauche puisque, d'après Gernez, $[\alpha]_D = 70,3$ à l'état liquide ou gazeux (ce qui est une limite inférieure pour la forme dextrogyre pure).

D'autre part j'avais remarqué ([1]) que les relations proposées par MM. Lowry et Cutter ([2]) pour représenter la dispersion mettaient en évidence deux termes de Drude de signes contraires et j'attribuais chaque terme à chaque espèce active, l'une étant identique à la forme cristalline.

M. Longchambon adresse à ceci plusieurs critiques. Il est bien clair que ceci n'est qu'une première approximation (comme la loi de Mariotte pour les gaz) et l'état de la question ne me permettait pas de faire mieux. Non seulement je reconnais avec M. Longchambon l'insuffisance d'un seul terme de Drude pour chaque espèce active dans le cas du camphre, mais des raisons théoriques me font admettre la nécessité de plusieurs.

En ce qui concerne les arguments de M. Longchambon il est à observer qu'il est erroné de vouloir porter sur le diagramme de Darmois les pouvoirs rotatoires, pris isolément, des termes de Drude des formules empiriques. En supposant que chaque espèce soit bien représentée par chaque terme, un terme n'est pas le *pouvoir rotatoire spécifique*, mais celui-ci multiplié par le titre de l'espèce présente et il est malheureusement impossible d'évaluer ce titre. (Les équations qui permettraient de l'évaluer ne sont pas indépendantes.)

D'autre part, les formules obtenues par l'étude des solutions dans le benzène et le cyclohexane méritent plus d'attention que celles des solutions dans l'acétone (4 constantes au lieu de 3).

Les raisons théoriques auxquelles je faisais allusion précédemment sont les suivantes : Les théories classiques des dispersions donnent pour les indices de réfraction et les pouvoirs rotatoires magnétiques et naturels des

---

([1]) R. LUCAS, *loc. cit.*

([2]) LOWRY et CUTTER, *Journ. of Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 604.

relations qui sont respectivement

$$n^2 = 1 + \sum \frac{k\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \qquad [\rho] = H \sum \frac{k'\lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)^2} \qquad \text{et} \qquad [\alpha] = \sum \frac{k''}{\lambda^2 - \lambda_0^2} \text{(Drude)}.$$

Les deux premières relations montrent que n tend vers l'unité et $[\rho]$ vers zéro pour des longueurs d'onde assez courtes (rayons X).

L'expérience est en accord avec la première de ces constatations; il est à présumer qu'elle l'est pour la seconde. Il serait étonnant, dans ces conditions, que les mêmes radiations soient encore sensibles à la symétrie moléculaire et que $[\alpha]$ ne tende pas vers zéro avec λ. Ceci fournit la relation $\sum \frac{k''}{\lambda_0^2} = 0$ qu'il serait important de vérifier et établirait la nécessité d'au moins deux termes de Drude pour une seule variété active.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire dans l'ultraviolet de l'acide tartrique en solution étendue.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

Introduction. — Les différents auteurs qui ont cherché à expliquer les anomalies de la dispersion rotatoire de l'acide tartrique, ainsi que ses variations avec la concentration, par la coexistence de deux types de molécules, en équilibre suivant la loi d'action de masses, ont en général admis que la dispersion d'une solution infiniment diluée serait normale [1]. Au contraire, Lowry et Austin [2] supposent que cette dispersion serait encore anormale; ils déduisent ce résultat de l'extrapolation de mesures correspondant toutes à des concentrations supérieures à 5 pour 100 et à des longueurs d'onde supérieures à 4358 A. Nous avons réalisé quelques mesures pour des solutions moins concentrées, et nous les avons étendues aux raies ultraviolettes de l'arc au mercure, en employant le dispositif décrit dans une Note précédente [3].

Cuve polarimétrique. — La plus grande difficulté que nous avons rencontrée a été le choix des lames destinées à fermer la cuve polarimétrique. Les lames de quartz fondu dont nous disposions présentaient une trempe, et

(1) G. Bruhat, *Thèse*, Paris, 1914. — R. de Mallemann, *Journ. de Phys.*, 6, 1923, p. 18.

(2) T.-M. Lowry et P.-C. Austin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1902.

(3) G. Bruhat et M. Pauthenier, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 888.

par suite une biréfringence, trop grande pour permettre d'obtenir la précision nécessaire à l'étude de solutions très étendues; mais le très bon parallélisme du faisceau utilisé dans notre montage nous a permis d'employer des lames de quartz perpendiculaires à l'axe, sans que nous fussions gênés par la biréfringence qui correspond aux rayons un peu inclinés sur l'axe. Les lames que nous employions étaient l'une droite et l'autre gauche, et leurs épaisseurs, approximativement égales, étaient de $1^{mm}8$.

La précision de la mesure est alors limitée uniquement par la qualité des lames, et en particulier par la planéité et le parallélisme de leurs faces, des différences d'épaisseur de l'ordre du micron produisant dans l'ultraviolet des rotations de plusieurs minutes. L'emploi des méthodes photographiques permet heureusement de réduire sans inconvénient l'étendue du faisceau utilisé, et nous avons pu obtenir d'excellentes extinctions en le limitant par un diaphragme circulaire de 3^{mm} disposé contre la lame d'entrée. Nous avons pris d'autre part la précaution de toujours remplir et vider la cuve sans la déplacer, de façon à bien utiliser la même partie des lames dans l'étude préalable de la petite rotation que produit leur ensemble et dans la mesure de la rotation de la solution; il nous est toutefois difficile, étant donnée leur qualité très moyenne, d'affirmer qu'il n'y ait pas eu là des erreurs de l'ordre de la minute.

Résultats des mesures. — La longueur de la cuve polarimétrique était de 213^{mm}; nous avons étudié deux solutions d'acide tartrique dans l'eau, de concentrations c très voisines de 1 et de 0,25 pour 100; toutes les mesures ont été faites à 20°C. Le Tableau ci-dessous donne les rotations observées α, ainsi que les pouvoirs rotatoires spécifiques $[\alpha]$ qui s'en déduisent :

Longueur d'onde en mμ.		578.	546.	436.	405.	366.	313.
$c = 1$...	α......	+ 0°,55 (1)	+ 0°,59 (1)	+22',5	+22'	+ 8',25	−69',75
	$[\alpha]$.....	+13°,8	+14°,9	+17°,6	+17°,3	+ 6°,4	−54°,7
$c = 0,25$	α......	+ 0°,20 (1)	+ 0°,215 (1)	+10'	″	+ 5',25	−15',75
	$[\alpha]$.....	+19°,8	+21°,4	+31°,4	″	+16°,3	−49°,5

A des erreurs d'une minute sur les rotations mesurées correspondent des erreurs sur le pouvoir rotatoire spécifique de l'ordre de 1° pour la solution à 1 pour 100, de l'ordre de 3° pour la solution à 0,25 pour 100. Les erreurs sont peut-être un peu plus grandes pour la raie 313, car nous avons

(1) Mesures faites avec un polarimètre Landolt et un tube de 40^{cm}.

dû, à cause de l'absorption déjà notable de l'acide tartrique pour cette radiation, remplacer le diaphragme de 3^{mm} par un diaphragme de 5^{mm}.

CONCLUSIONS. — *Les mesures mettent nettement en évidence l'existence d'une anomalie de dispersion rotatoire, avec changement de signe dans l'ultraviolet, même pour la solution à* 0,25 *pour* 100 : elles ne contredisent donc pas absolument l'hypothèse de Lowry et Austin. Toutefois la longueur d'onde du maximum, pour la solution la plus étendue, nous paraît être nettement inférieure à la valeur limite, $436^{\mu\mu}$, indiquée par ces auteurs. De plus, nos mesures confirment le fait, connu depuis longtemps ([1]), que la variation du pouvoir rotatoire avec la concentration devient plus rapide lorsque la concentration devient inférieure à 0,5 pour 100 : les pouvoirs rotatoires spécifiques, de l'ordre de 20°, que nous trouvons pour les raies jaune et verte avec la solution à 0,25 pour 100 sont nettement supérieurs à la valeur, de l'ordre de 16°, déduite par extrapolation des mesures de Lowry et Austin. Il est donc certain que cette extrapolation n'est pas légitime, et qu'il intervient dans les solutions très diluées un phénomène nouveau, qui ne peut être que la dissociation électrolytique; il aurait pour effet de faire tendre la dispersion des solutions très étendues vers celle des solutions de tartrates neutres, qui est normale, même dans l'ultraviolet ([2]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition du gaz carbonique par l'étincelle condensée pour pression réduite.* Note de MM. **Pierre Jolibois**, **Henri Lefebvre** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Note ([3]), l'un de nous a décrit un appareil qui permet de mesurer avec précision l'augmentation de pression qui résulte de la transformation chimique d'un système gazeux soumis à une décharge électrique.

Un tel appareil étant rempli primitivement de gaz carbonique sous des pressions initiales variant de 0,3 à 20^{mm} de mercure, le degré de la dissociation en CO + O résultant peut être déduit facilement de la mesure des pressions avant et après le passage du courant. Soient p_1 la pression initiale, p_2 la pression finale, α le degré de dissociation. Ces grandeurs sont reliées

([1]) Bremer, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, 6, 1887, p. 258.
([2]) P.-G. Nutting, *Physical Review*, **17**, 1903, p. 1.
([3]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 608.

par la relation

$$\alpha = 2\,\frac{p_2 - p_1}{p_1}.$$

Nous avons mesuré, dans différentes conditions de fonctionnement du tube, ce degré de dissociation en déchargeant un condensateur de capacité connue dont les bornes sont reliées aux électrodes. D'autre part, en réalisant une charge lente du condensateur dont le voltage était mesuré au moyen d'un voltmètre électrostatique, il nous a été facile de lire la différence de potentiel V_1 au moment de la décharge et la différence de potentiel résiduelle, V_2 après passage de l'étincelle. On peut en déduire d'après la formule classique des condensateurs l'énergie consommée dans le tube et en la comparant à la chaleur de réaction [1], calculer le rendement énergétique de celle-ci pour chaque étincelle. De plus, après un grand nombre d'étincelles, on peut mesurer la limite de dissociation qui permet d'atteindre ce mode opératoire.

Nous nous sommes d'abord assurés par des mesures préliminaires que les phénomènes bien connus d'absorption des gaz (CO et O résultant de la dissociation) par les parois et les électrodes, se traduisaient par des variations de pression négligeables par rapport à celles produites par le phénomène de la dissociation.

Ensuite nous avons constaté qu'en employant un condensateur de capacité suffisamment grande (de l'ordre de 2 microfarads), l'étincelle photographiée ne révélait aucune des dissymétries habituelles qui apparaissent lors du passage d'un courant continu (espaces obscurs, lueurs privilégiées aux électrodes). Le phénomène électrique se traduit par une lueur intense dépassant notablement les électrodes, lorsqu'elles ne remplissent pas la section du tube. Comme un tel phénomène ne dure qu'une très petite fraction de seconde, l'intensité du courant est grande et les effets électromognétiques sont très intenses. La forme de l'étincelle se trouve en effet fortement modifiée par la configuration du circuit extérieur, comme nous l'avons constaté par la photographie, lorsque le fil d'amenée du courant de décharge est parallèle au tube et situé tout près de ce dernier.

La forme des électrodes n'a d'influence ni sur l'allure du phénomène que nous avons étudié avec des plaques de platine, des fils gros ou fins placés dans l'axe du tube ou normalement à cet axe, ni sur le degré de dissociation et le rendement.

---

(1) Nous avons adopté pour la chaleur de réaction $CO + O = CO^2 + 68\,200^{cal}$.

Le tableau suivant rend compte des mesures effectuées :

Série I. — Avec un condensateur de 2,26 microfarads, dans un tube cylindrique de $111^{cm^3},5$, dont les électrodes dans l'axe des tubes, constituées par un fil (anode) et une plaque (cathode), étaient distantes de 22^{cm}.

Série II. — Avec un condensateur de 2,29 microfarads, dans un tube cylindrique de $284^{cm^3},7$, les électrodes semblables, en fil de platine, perpendiculaires à l'axe du tube, étant séparées par une distance de 24^{cm}.

Série III. — Avec le même tube que la série précédente, à l'extérieur duquel le circuit de décharge a été disposé parallèlement à l'axe du tube et près de ce dernier.

Séries.	Nombre d'étincelles.	Pression [1] initiale.	Pression [1] finale.	Voltage initial.	Voltage maximum.	Voltage résiduel moyen.	Énergie consommée en Joules.	Degré de dissociation.	Rendement en énergie chimique.
I...	1	3425	3794	2400	"	350	6,36	0,22	0,20
	5	3366	4551	2650	3050	500	43	0,70	0,097
	10	3396	4771	2350	3250	550	94	0,86	0,051
	20	3381	4901	2700	3750	550	290	0,90	0,019
II...	1	3402	3648	2930	"	420	9,63	0,14	0,23
III...	1	3402	3494	2395	"	258	6,49	0,054	0,13
	50	3415	4855	2415	3320	600	"	0,84	"

D'autre part, des expériences, exécutées en faisant passer un nombre plus grand d'étincelles, nous ont montré que, pour cette capacité de condensateur, la limite de dissociation est atteinte après une vingtaine d'étincelles.

On peut aussi remarquer, d'après le tableau ci-dessus, que lorsque le circuit est formé d'un conducteur de self négligeable, aussi éloigné que possible du tube, sauf au voisinage des connexions, la dissociation atteint une limite de 90 pour 100 environ et que le rendement en énergie chimique de la première étincelle est de l'ordre de 20 pour 100, le reste de l'énergie étant dégradé sous forme de radiations de différente nature.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La décomposition de l'eau oxygénée en présence de certains hydroxydes en suspension.* Note [2] de M^lle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons signalé, dans une précédente recherche [3], les variations magnétiques manifestées par l'hydroxyde nickeleux en suspension dans

---

(1) En millimètres de mercure.

(2) Séance du 19 avril 1926.

(3) Suzanne Veil, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 933.

l'eau oxygénée, tandis que, d'autre part, celle-ci se décompose avec dégagement d'oxygène. Le présent travail a eu pour but de vérifier si, la technique opératoire restant la même, on retrouve encore des phénomènes de ce genre avec d'autres hydroxydes paramagnétiques préparés à froid : l'hydroxyde ferrique et l'hydroxyde de chrome.

Hydroxyde ferrique. — Au cours des opérations, le magnétisme de l'hydroxyde ferrique décroît, tandis que celui de son anhydride calciné s'exalte pour diminuer ensuite. Les phénomènes magnéto-chimiques sont conditionnés par divers facteurs, déterminant les circonstances expérimentales.

Ci-après, à titre d'exemple, le compte rendu numérique d'une expérience qualitative, où les prélèvements d'hydroxyde et les renouvellements d'eau oxygénée ont eu lieu quotidiennement.

TABLEAU I.

Séjour dans H^2O^2 en jours.	Coefficients d'aimantation en valeur relative, rapportés à la teneur en fer.	
	Hydroxyde.	Anhydride.
0	5,19	1
1	4,35	2,15
2	3,10	5,45
3	3,47	4,38
4	2,97	4,08
5	3,02	3,80
6	2,89	3,28
7	3,08	3,13
8	2,83	2,69
9	2,72	2,78

Les courbes représentatives correspondantes (*fig.* 1) sont de même allure que celles qu'on obtient dans le cas de l'hydroxyde nickeleux. Les évolutions, pour l'hydroxyde et pour l'anhydride, se différencient nettement de celles qui se produisent au sein de l'eau chaude, dans les conditions où se forme l'hydrate modifié de l'eau de Saint-Gilles. On ne constate ici aucun changement dans la couleur du catalyseur.

Hydroxyde de chrome. — L'hydroxyde de chrome doit être, au préalable, lavé aussi soigneusement que possible, car en milieu alcalin, au sens de H^2O^2, il y a formation de chromate. D'ailleurs, quelles que soient les précautions, cette réaction s'est toujours produite plus ou

moins au début, et n'a cessé qu'après quelques traitements à l'eau oxygénée.

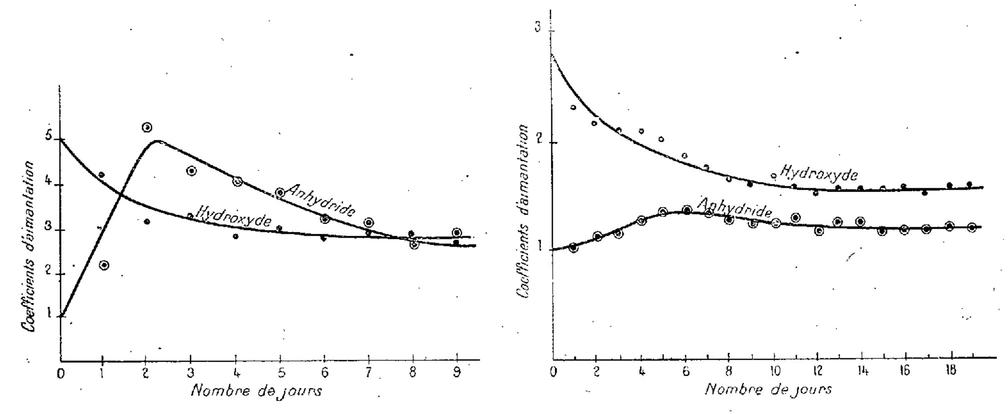


Fig. 1. — Réaction magnéto-chimique eau oxygénée-hydroxyde ferrique.

Fig. 2. — Réaction magnéto-chimique eau oxygénée-hydroxyde de chrome.

Les phénomènes magnétiques ont encore la même allure que dans le cas de l'hydroxyde nickeleux et de l'hydroxyde ferrique. Ici, cependant, les effets présentés par l'anhydride calciné sont, toutes choses égales, beaucoup moins accentués.

Ci-après les résultats numériques d'une expérience qualitative :

TABLEAU II.

Séjour dans H^2O^2 en jours.	Coefficients d'aimantation en valeur relative, rapportés à la teneur en chrome. Hydroxyde.	Anhydride.
0	2,85	1
1	2,31	1,01
2	2,18	1,13
3	2,10	1,17
4	2,09	1,28
5	2,01	1,38
6	1,84	1,37
7	1,76	1,34
8	1,64	1,28
9	1,60	1,23
10	1,65	1,22
11	1,58	1,31
12	1,51	1,19
13	1,54	1,23
14	1,55	1,21
15	1,55	1,19
16	1,58	1,17
17	1,48	1,19
18	1,59	1,22
19	1,60	1,19

Les résultats sont représentés par la figure 2.

On voit que, dans chacun des cas de la décomposition de l'eau oxygénée par les trois hydroxydes nickeleux, ferrique et chromique en suspension, les phénomènes chimiques sont consécutifs à une variation magnétique de la phase solide. On peut dénommer de telles réactions des *réactions magnéto-chimiques*, afin de rappeler le double caractère qu'elles affectent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Gouttes formées dans un champ électrique.* Note [1] de M. L. Abonnenc, présentée par M. J. Perrin.

Le poids p d'une goutte formée à l'extrémité d'un tube cylindrique, conducteur ou non, diminue en général dans un champ électrique constant ou alternatif. La variation de poids $p - p'$ est d'autant plus faible que le liquide est plus isolant.

En opérant avec des liquides se rapprochant des diélectriques parfaits, très purs, on peut observer une loi de variation de $p - p'$ avec la durée de formation T de la goutte, assez curieuse dans des champs de forme particulière.

Dans une série d'expériences, le tube d'écoulement est en quartz fondu, il est porté au rouge avant chaque mesure; l'écoulement est produit sous une pression hydrostatique élevée. Un fil de platine, placé suivant l'axe du tube de quartz et dans sa partie supérieure, est porté à un potentiel V constant ou alternatif. Au-dessous du tube est un large plateau horizontal conducteur, au potentiel — V, percé d'une ouverture centrale dans le prolongement du tube.

On constate que si la fréquence de formation des gouttes $N = \frac{1}{T}$ croît progressivement, $\frac{p'}{p}$ augmente d'abord lentement, puis plus rapidement, devient égal, puis supérieur à l'unité, pour prendre une valeur sensiblement *constante* lorsque la durée de formation devient inférieure à une certaine limite. Le débit $w = \frac{P}{T}$ reste très constant lorsqu'on crée le champ.

Les divers liquides donnent des courbes de variation de $\frac{p'}{p}$ avec T analogues; plus le liquide est isolant, plus la valeur de T pour laquelle $\frac{p'}{p}$

(1) Séance du 15 février 1926.

devient égal à 1 est élevée; pour un même liquide, la fréquence N, à partir de laquelle $\frac{p'}{p}$ devient constant, diminue avec le diamètre intérieur du tube.

On est conduit à penser que l'augmentation observée est due à ce que les charges superficielles, auxquelles on doit attribuer la diminution de p lorsque N est faible, deviennent négligeables et que la goutte du liquide tend à se comporter, pour les fréquences élevées, comme celle d'un diélectrique parfait. Une telle goutte serait attirée vers les régions où le champ est le plus intense; la force d'attraction f, mesurée par $p' - p$, s'exprime en fonction de la susceptibilité électrique par une formule rappelant celle que j'ai utilisée pour une goutte formée dans un champ magnétique non uniforme (¹).

La présence dans le liquide du fil au potentiel V fait naître des mouvements complexes, quelquefois tourbillonnaires, du liquide au voisinage immédiat du fil. Mais, par suite du faible diamètre des tubes utilisés dans la plupart de mes expériences, la distribution des vitesses à l'intérieur de la goutte ne semble pas devoir être influencée assez fortement par la perturbation réalisée au niveau du fil, pour provoquer des variations du poids de la goutte aussi importantes que celles observées.

D'ailleurs, en formant la goutte entre deux sphères égales, portées aux potentiels V et $-$ V, dans le plan vertical de symétrie et un peu au-dessous de la ligne des centres, on obtient un résultat semblable et qui ne peut guère s'expliquer ici que par une attraction de la goutte vers les points où le champ est maximum.

Dans le champ horizontal, réalisé entre deux larges plateaux verticaux parallèles, le poids des gouttes formées rapidement augmente légèrement. Dans la formule qui donne f, le champ H qui intervient est le champ réellement agissant, différent du champ extérieur et qui, dans le cas considéré, n'est pas constant à l'intérieur de la goutte; le résultat précédent tend à démontrer qu'il augmente de bas en haut. Dans le cas général H varie avec la nature du liquide qui forme la goutte; le rapport des susceptibilités électriques ne peut être déduit avec certitude de la comparaison des valeurs de $p' - p$.

Si la pression hydrostatique d'écoulement est faible (tube à large orifice), le phénomène se complique d'une variation du débit W.

Conclusions. — La constance du débit $W = \frac{p}{T}$, qui se vérifie avec préci-

---

(¹) *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, 3, 1925, p. 233.

sion si la pression hydrostatique d'écoulement est grande, permet de conclure que le champ électrique n'a pas d'influence sur la *viscosité* du liquide.

D'autre part, les résultats relatifs aux liquides isolants montrent que, pour une certaine fréquence N_1, le poids de la goutte n'est pas modifié par la création du champ; celui-ci n'a donc pas, dans ces conditions, d'influence sur la *tension superficielle* du liquide. On est fondé à admettre ce résultat dans le cas général.

Les variations du poids d'une goutte ou de sa durée de formation dans un champ électrique semblent donc dues uniquement : d'une part, aux forces qui résultent de l'existence de charges qui se répartissent à la surface de la goutte comme sur une surface conductrice; d'autre part, à des forces liées à la polarisation du diélectrique, comparables à celles qui interviennent dans le cas d'une goutte formée dans un champ magnétique. Ces dernières forces sont, le plus souvent, masquées par celles qui dérivent de l'existence d'une densité superficielle et ne peuvent être mises en évidence qu'en opérant avec des liquides se rapprochant des diélectriques parfaits et très purs.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de nappes, lambeaux de recouvrement et fenêtres dans le massif cristallin du mont Pilat, près Saint-Étienne.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

Si l'on tient compte des conclusions stratigraphiques et pétrographiques exposées dans des Notes antérieures (¹), on distingue nettement dans le massif du Pilat quatre nappes superposées : nappe de Laval, nappe du Pilat, nappe de Pouyardière, nappe des Trois-Dents.

La *nappe de Laval*, qui comprend essentiellement des micaschistes, et dans la zone ouest se complète à la base par les gneiss à mica noir et les gneiss œillés supérieurs, chevauche les gneiss feuilletés des Fonds. *Les phénomènes de laminage et d'écrasement ont été observés d'une manière continue au voisinage du contact de base sur une longueur de* 40^{km}. Les *mylonites* de Planfoy, Rochetaillée, Laval, du Planil et des Brosses près du Rhône, doivent être attribuées à ce mouvement.

La *nappe du Pilat*, qui comprend essentiellement les gneiss à mica noir

(¹) A. Demay, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 645, 792 et 933.

des Fonds, et dans une zone étendue se complète à la base par les gneiss œillés moyens, chevauche les gneiss de Pouyardière. On observe à la base, *sur* 35^{km}, *une zone de laminage intense et parfois de la mylonite franche.* Les beaux écrasements du Coin et de Doizieu, et dans une région que la granulitisation a épargnée, la zone mylonitique très continue comprise entre Petit-Vallay et Pavezin, résultent de ce mouvement. Les gneiss œillés granulitiques de la croupe allongée au nord de la Jasserie sont ceinturés par les gneiss de Pouyardière. Au-dessus des Sagnes, ceux-ci s'enfoncent manifestement sous le lambeau, qui apparaît ainsi comme un *lambeau de recouvrement de la nappe du Pilat. Le lambeau de gneiss œillé des Hermeaux qui repose visiblement de tous côtés sur les gneiss de Pouyardière est un autre lambeau de la même nappe.* Les pierriers de la crête du mont Pilat, entre l'Œillon et la Perdrix, sont tous formés de gneiss œillé granulitique ou de granulite gneissique. Plus bas, les gneiss de Pouyardière constituent une masse puissante, reconnue par des affleurements continus au nord de la Jasserie et de l'Œillon. Cette masse qui affleure sur la crête immédiatement au nord de l'Œillon, et au-dessous, sur la route de l'hôtel, s'enfonce manifestement sous le Crest de l'Œillon. Les gneiss à peu près horizontaux qui affleurent près de la Jasserie à la cote 1300, plongent certainement sous le Crest de la Perdrix. Les gneiss de Pouyardière apparaissent aussi à l'ouest et au sud de ce Crest. On peut donc affirmer qu'*un lambeau de la nappe du Pilat flotte sur la crête entre l'Œillon et la Perdrix au-dessus d'un soubassement de gneiss de Pouyardière.*

La *nappe de Pouyardière* comprend les amphibolites et gneiss à mica noir de Pouyardière et les gneiss granulitiques à grain fin, et chevauche les gneiss œillés inférieurs. Le contact anormal, qui a été suivi sur plus de 25^{km}, est mis en évidence de la manière la plus nette entre la Barbanche et les Sagnes par le *laminage intense ou l'écrasement et par une discordance qui, en pays cristallophyllien, implique nécessairement un déplacement tangentiel.* Malgré le redressement du terme inférieur, la surface de charriage est à peu près horizontale. Dans la région de Pavezin, par suite du laminage des gneiss œillés inférieurs, la nappe s'écrase parfois directement sur le granite. Sa continuité est probable à l'est du Monnet entre les nappes supérieure et inférieure.

La *nappe des Trois-Dents* comprend les gneiss œillés inférieurs et chevauche les gneiss compacts à mica noir et le granite du substratum. Le charriage est démontré par la *continuité du faciès laminé sur plus de* 40^{km}, et par l'observation de *mylonite franche* en quelques points favorables, par

exemple au nord de la Chapelle et sur les deux rives du Rhône. La route du Collet, qui, à la cote de 700^m seulement, pénètre profondément dans le Pilat, traverse du Nord au Sud la nappe du Pilat et celle de Pouyardière, puis sur plus de 600^m des gneiss œillés redressés et fortement laminés qui *appartiennent sans aucun doute* à la *nappe des Trois-Dents*. Il y a répétition de cette coupe descendante dans les trois nappes inférieures sur le flanc est du Pilat, à partir de la crête. Les *gneiss œillés de la cote* 700 *rejoignent en tunnel les gneiss œillés du pic des Trois-Dents*. La nappe des Trois-Dents apparaît ainsi *dans une fenêtre* de la nappe de Pouyardière. A l'ouest du Pilat, au fond de la Combe du Rot, les *gneiss granitoïdes de la Farra* s'enfoncent visiblement de tous côtés sous les gneiss œillés de la nappe des Trois-Dents et doivent être attribués au *substratum* qui apparaît ainsi dans *une fenêtre de la nappe*. Le laminage de base a été observé sur les bords ouest et est de la fenêtre, dont les contours accusent la faible inclinaison de la surface de charriage.

Le *recouvrement apparent* mis en évidence par les lambeaux et fenêtres *dépasse* 10^{km} *pour la nappe du Pilat*, 6^{km} pour la nappe de Pouyardière, 7^{km} pour la nappe des Trois-Dents. D'autre part l'existence des nappes explique la position anormale des gneiss œillés supérieurs et moyens et des gneiss granitoïdes de Pouyardière au-dessus des gneiss feuilletés des Fonds et de Pouyardière. Les *gneiss œillés* représentent à la base des nappes de Laval et du Pilat un terme profond charrié sur des termes plus élevés. Les *gneiss granitoïdes* de *Pouyardière sont renversés* sur les amphibolites et gneiss feuilletés. On aperçoit ainsi l'*importance du déplacement tangentiel*. Pourtant il n'y a pas indépendance pétrographique des nappes, qui sont probablement *de grands plis couchés décollés et laminés*.

En résumé, *on peut suivre depuis Saint-Étienne jusqu'au Rhône, sur une quarantaine de kilomètres*, *quatre nappes cristallophylliennes* au-dessus du granite et du gneiss granitoïde de base. Au-dessus du plateau granitique de Pélussin, la nappe des Trois-Dents forme le *socle du mont Monnet*, du *mont de la Chapelle* et du *mont Pilat*. Plus haut ou plus au Nord, la nappe de Pouyardière joue dans la structure un rôle prépondérant. Les *lambeaux de la nappe du Pilat flottent au nord du mont Pilat et sur la crête*, tandis qu'au fond de l'amphithéâtre, *dans une fenêtre*, *apparaît la nappe des Trois-Dents*. Un peu à l'Ouest, sous cette nappe, *la fenêtre de la Farra* laisse voir le gneiss granitoïde du substratum.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de dépôts glaciaires quaternaires dans le Riff oriental.* Note (¹) de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans la région comprise entre le Djebel Kouine, le Djebel Azrou et le Djebel Berkane, à environ 80^{km} au nord de Taza, se montrent en grand nombre des lacs suspendus et des vallées en auge, taillées dans des grès appartenant au Jurassique supérieur. Ces vallées sont pour la plupart accompagnées de moraines latérales et frontales. Les plus caractérisées sont situées sur le Djebel Berkane, à l'est du poste de Tizi Ousli. Là, sur un plateau de 8^{km} de long environ, se rencontrent deux grands lacs et d'innombrables marécages d'où descendent entre des pitons quartzitiques moutonnés et striés, des vallées dont la mieux caractérisée est située vers l'Ouest. Elle descend de la côte 1700 à la côte 1490 où se développe en demi-cercle très régulier la moraine frontale. Les deux moraines latérales sont intactes. Des traces de moraines médianes sont bien visibles. De petits lacs sont installés en arrière de la moraine frontale. Un torrent en sort. D'autres vallées plus ou moins bien conservées et offrant toujours leur moraine frontale ou ses traces vers la côte 1500 se rencontrent sur le revers oriental du Berkane, sur les crêtes de Bab Aouerchtel (en particulier la vallée de l'Oued Sidi Youcef) et entre le Massif de l'Azrou (2025^{m}) et celui de l'Amalou. Il ne m'a pas été possible de déterminer à quel âge de glaciation alpestre doivent être rattachés les glaciers du Riff. Il semble d'ailleurs qu'en quelques points, des traces de glaciation, plus ancienne que celle dont les moraines se rencontrent à la côte 1500, soient reconnaissables, notamment dans la partie basse de la vallée de l'Oued Sidi Youcef.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La périodicité des crues glaciaires.* Note (¹) de M. **P. Mougin**, transmise par M. G. Ferrié.

A la suite de la catastrophe de Saint-Gervais (1892) et de quelques autres débâcles de moindre importance, l'Administration des Eaux et Forêts voulut bien, sur ma proposition, décider de mettre en observation un certain nombre de glaciers de Savoie et notamment dans le massif du Mont Blanc.

(¹) Séance du 19 avril 1926.

Des recherches faites aux archives municipales de Chamonix et aux archives départementales de la Haute-Savoie, les renseignements extraits des relations de divers savants et voyageurs, parmi lesquels il faut citer de Saussure, Bourrit, J.-A. Deluc, Forbes, W. Coxe, de la biographie de Jean d'Arenthon, l'examen des cartes de la région et surtout des dessins, aquarelles des nombreux artistes qui ont fidèlement reproduit les sites de la haute vallée de l'Arve, Bourrit, Hackert, Linck, Chrestien de Mechel, Bacler d'Albe, Lory, etc., enfin les plus récentes études sur cette région faites par M. V. Payot, le prince R. Bonaparte, H. et J. Vallot m'ont permis de fixer peu à peu les dates des maxima d'extension des appareils glaciaires voisins de Chamonix.

Le premier fait mis en évidence fut l'identité de régime de ces glaciers; toutefois, l'apparition de la crue n'est pas simultanée sur tous. La progression du front se manifeste au Tour et aux Bossons, 7 ans au plus, avant d'être visible sur la Mer de Glace (glacier des Bois). Les autres glaciers du massif se mettent en crue à des dates intermédiaires. Il suffit donc d'indiquer l'époque des maxima du glacier des Bossons qui, très accessible et très proche de Chamonix, est celui dont les variations sont les mieux connues. Le contrôle est facile avec la Mer de Glace.

Les crues des Bossons ont eu lieu en 1605-1610, 1643, 1685, 1712, (?), 1787, 1818, 1850-1854, 1892, 1921. Il semble qu'entre 1712 et 1787, il y ait eu une crue qui n'ait pas été signalée, parce que peu considérable et partant peu dommageable : les intervalles entre deux crues consécutives tendent à le prouver, bien qu'ils varient entre 27 et 40 ans. Si l'on considère la suite des dates, on voit qu'il se produit trois crues par siècle.

La première du XVII^e siècle a ses correspondantes en 1712, 1818, 1921, séparées par un intervalle d'environ 103 à 105 ans; à la seconde répond celle de 1850-1854 à 207 ou 211 ans de distance, ce qui confirme l'hypothèse d'une crue vers 1746 ou 1748; enfin, les crues de 1685, de 1787 et 1892 sont espacées respectivement de 102 à 105 ans.

Cette régularité dans la réapparition des crues m'avait amené, en 1911 [1], à émettre l'hypothèse d'une pulsation positive prochaine des appareils du Mont Blanc; ces divers appareils, en effet, se sont mis successivement en crue dès cette date, et le maximum du glacier des Bossons a eu lieu en 1921; au glacier d'Argentière en 1923, à la Mer de Glace comme au glacier de Bionnassay, en 1924.

---

[1] Ministère de l'Agriculture. *Études glaciologiques*, 3, p. 112.

La confirmation de cette hypothèse peut donc permettre de prévoir approximativement les périodes de crue des glaciers du Mont-Blanc et des glaciers dont les pulsations seront reconnues parallèles à celles observées dans le Val de Chamonix. Bien plus, des variations séculaires des glaciers du Mont-Blanc, on pourrait induire les variations anciennes des glaciers de même régime.

Ce n'est pas seulement en Savoie que l'événement a justifié la prévision. En Suisse, 66 pour 100 des glaciers sont aujourd'hui en régression et M. le professeur Mercanton de l'Université de Lausanne écrit à ce sujet (¹) : « La décrue prévaut donc maintenant et l'on ne peut s'empêcher de trouver remarquable que cela s'observe justement en 1924. Si l'on admet, en effet, la période de 105 ans (3×35) pour les variations d'ensemble, des glaciers alpins suggérée par M. P.-L. Mougin et justifiée historiquement par lui pour les glaciers du Mont-Blanc, 1924 devait marquer précisément la fin de la crue récente. »

VULCANOLOGIE. — *Région volcanique abyssale active des îles Hawaï dans le Pacifique nord.* Note de M. **J. Thoulet**.

Le *Challenger*, pendant sa mémorable campagne océanographique autour du monde, durant l'été de 1875, s'est rendu de Yokohama, au Japon, jusqu'aux îles Hawaï en suivant d'abord à peu près en ligne droite le 38ᵉ parallèle nord. Parvenu à la station 253 (38°9′ N — 156°25′ W) et tournant à angle droit, il fit route au Sud et se dirigea directement vers l'archipel Hawaï. En chemin il exécuta des sondages bathymétriques, thermiques et densimétriques aux stations 254, 256, 257 et 259 à des profondeurs variant de 3025 à 2225 brasses (5533 à 4070ᵐ) et à des distances de l'archipel lui-même variant de 852 à 328 milles. C'est entre les stations 256 et 257 qu'il traversa la vaste région volcanique abyssale dont l'extrémité sud se termine au jour par les deux volcans subaériens en pleine activité du Kilauca et de Mauna Loa dans l'île Hawaï.

Chacun des quatre sondages exécutés dans la région a été figuré par moi en diagramme, à grande et à petite échelle, donnant simultanément les caractéristiques, la profondeur P, la température θ, la densité *in situ* σ_θ et la

(¹) *Les variations périodiques des glaciers dans les Alpes suisses*, 45ᵉ Rapport, 1924.

densité normale ou salure σ_0, groupées ensuite en profil en long et ces graphiques, étudiés et examinés successivement par transparence, ont autorisé les conclusions suivantes.

Le fond de l'Océan, et tout particulièrement les parages de l'archipel des Sandwich, est semé de volcans abyssaux à divers degrés d'activité. Pendant leurs éruptions, ces volcans dégagent des torrents d'eau, de gaz et de vapeurs qui, sous la pression de 5000^m d'eau, sont immédiatement liquéfiés et dissous dans l'eau ambiante dont ils augmentent considérablement la densité.

Lorsque ces émissions sont suffisamment chaudes, elles forment des masses isolées, nuages liquides ascendants qui, malgré leur forte salure, s'élèvent verticalement et en même temps se refroidissent à travers les couches susjacentes de manière à parvenir ainsi jusqu'au voisinage de la surface où ils se reconnaissent à leur température et surtout à leur salure exagérée bien visibles sur les courbes. Le volcanisme sous-marin apporte donc à l'Océan un important tribut aqueux et salin qui s'ajoute à celui qui provient superficiellement des fleuves, de la fusion des glaces et des météores aqueux.

La quantité d'eau ainsi formée par cette contre-partie des nuages descendants, dus à l'évaporation superficielle, ne peut être que très considérable. Fouqué a évalué à 2100000^{m^3} d'eau liquide la masse déversée dans l'atmosphère, en 100 jours seulement, par un simple cône parasite de l'Etna. Les masses se distinguent sur les diagrammes densimétriques. En outre du relèvement terminal de l'extrémité inférieure des courbes des σ_θ et des σ_0 qui manifeste la présence du volcan actif sur le sol abyssal, on remarque le tracé irrégulier de la courbe des σ_0 dû à la diffusion saline du nuage pendant son ascension, la brusque augmentation de la salure dans la portion tout à fait supérieure de cette même courbe produite par la diffusion des sels après l'immobilisation du nuage. Enfin la courbe des θ remonte d'une seule pièce en conséquence de la diffusion thermique s'opérant tout le long de la montée. Ces divers caractères, visibles sur les diagrammes des stations 256 et 257, se retrouvent fréquemment sur les diagrammes se rapportant à l'Atlantique Nord, le plus chaud et le plus volcanique de tous les océans.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation des chromoplastes chez les Phanérogames*. Note de M. **Theodor Lippmaa**, présentée par M. Guignard.

Le processus de la transformation des chloroplastes en chromoplastes rouges est encore peu connu. J'ai découvert qu'il est parfois facile de provoquer cette transformation chez certaines plantes (*Reseda odorata*, par exemple) en plaçant des fragments de feuilles sur une solution sucrée; après 8-10 jours, les feuilles vertes prennent une couleur rouge intense.

On pourrait croire que ce changement de couleur provient de ce que, dans les plastes, les pigments verts diminuent, tandis que la quantité des pigments jaunes, surtout de la carotine, augmente, comme l'avaient pensé Rothert, Schürhoff et d'autres auteurs.

Ma méthode consistait à placer des fragments de feuilles de *Reseda odorata* sur des solutions de saccharose ($0^{mol},2$); ces feuilles étaient analysées au début de l'essai, et, tous les deux ou trois jours, je procédais à une nouvelle analyse.

L'analyse, faite d'après la méthode de Willstätter et Stoll, présente de grandes difficultés : les solutions d'alcool méthylique, ordinairement colorées en jaune par leur teneur en xanthophylle, prenaient, avec les feuilles rouges, une teinte rouge groseille ou même rose (dans des solutions très diluées), ce qui prouve que ces feuilles contiennent un carotinoïde rouge qui manque dans les feuilles vertes. J'ai trouvé enfin que ce carotinoïde rouge des feuilles de *Reseda* est identique à la rhodoxanthine découverte par Tswett et étudiée à fond par Monteverde et Lubimenko.

Il fallait donc trouver une méthode, pour séparer la xanthophylle de la rhodoxanthine.

J'ai opéré ainsi : dans un entonnoir à séparation, on secoue les extraits rouges d'alcool méthylique contenant ces carotinoïdes avec du sulfure de carbone (à peu près $\frac{1}{8}$ de leur volume). En répétant cette opération si c'est nécessaire, toute la rhodoxanthine passe dans le sulfure de carbone. Ensuite, on ajoute à la solution pourpre ainsi obtenue le même volume d'alcool méthylique (90 pour 100) pour extraire la xanthophylle, qui se trouve dans la couche rouge; on répète cette opération 3-5 fois. Finalement, la xanthophylle est dissoute dans de l'éther sulfurique et la rhodoxanthine dans de l'éther de pétrole; on porte les solutions au même volume (30^{cm^3}) et l'on détermine la quantité des pigments au moyen du colorimètre Duboscq (en prenant comme solutions étalons diverses matières colorantes).

De nombreuses analyses (¹) m'ont donné le résultat suivant :

La quantité de chlorophylle diminue d'une manière considérable pendant la formation des chromoplastes; après neuf jours, elle présente à peu près un tiers de la quantité première. La quantité de xanthophylle diminue également et la courbe montre à peu près les mêmes caractères que la courbe de la chlorophylle. La carotine demeure presque constante. La rhodoxanthine va en augmentant. Tandis que ce carotinoïde manque absolument dans les feuilles vertes, les feuilles rouges en contiennent des quantités considérables.

Pour contrôler ces résultats, j'ai cherché d'autres méthodes pour produire la formation des chromoplastes. J'ai découvert que, chez certaines plantes, les décortications annulaires provoquent cette formation.

Je me suis servi de 7 espèces de *Reseda* : toutes ont donné un résultat positif; après un certain temps (jusqu'à un mois), les feuilles qui se trouvaient au-dessus de la décortication devenaient plus ou moins rouges. Des analyses comparatives de ces feuilles et des feuilles vertes de la même plante ont donné des résultats correspondant parfaitement avec ceux obtenus par la nutrition sucrée.

J'ai obtenu le même résultat dans des analyses parallèles sur des organes verts et colorés en rouge chez *Potamogeton*, *Cryptomeria*, *Equisetum* et *Selaginella*.

Comme des observations ont montré que, chez un grand nombre de plantes, la formation des chromoplastes dépend de la lumière, il était nécessaire de suivre la marche de la formation des chromoplastes dans l'obscurité.

Pour la chlorophylle, la carotine et la xanthophylle, le processus est à peu près le même à la lumière et dans l'obscurité. La formation de la rhodoxanthine, au contraire, est beaucoup plus faible à l'obscurité : dans les fragments cultivés à la lumière pendant 9-10 jours, il se forme presque cinq fois plus de rhodoxanthine que dans les fragments placés à l'obscurité.

Parmi les autres facteurs qui influencent la formation des chromoplastes et dont j'ai étudié l'action, je noterai les résultats suivants :

1° Tandis que le saccharose favorise à un très haut degré la formation des chromoplastes, il n'en est pas de même du lactose : après 10 jours, les fragments qui se trouvaient sur une solution contenant $0^{mol},2$ de lactose,

---

(¹) TH. LIPPMAA, *Das Rhodoxanthin*, etc. [*Schriften der Naturf. Ges. bei der Universität Tartu* (*Dorpat*), 24, 1925, p. 27].

montraient très peu de rhodoxanthine. Parmi les hexoses, le glucose et le fructose agissent à peu près comme le saccharose, puis viennent le galactose, le mannose. Le xylose, l'arabinose, l'érythrite et la mannite ne favorisent pas la formation de la rhodoxanthine.

2° Pour étudier l'action des anions et des cations, j'ai cultivé des fragments de feuilles sur des solutions qui contenaient, outre $0^{mol},10$ de saccharose, $0^{mol},03$ de sel.

Les cations (K, Na, Mg, Ca) n'ont aucune action visible sur la formation; les anions, au contraire, produisent un résultat remarquable : les chlorures, sulfates et carbonates ont une influence à peine sensible; les nitrates empêchent totalement le développement des chromoplastes.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les effets de l'intoxication du Bacille lactique par le chlorure de potassium à différentes températures.* Note de M^lle **Eudoxie Bachrach**, présentée par M. Charles Richet.

Il a été montré que l'intoxication prolongée du Bacille lactique par un poison minéral faisait varier sa résistance vis-à-vis de ce dernier, dans le sens, tantôt d'une accoutumance, tantôt d'une sensibilisation. Jusqu'alors, nous observions l'accoutumance d'une façon constante avec certains poisons, la sensibilisation étant prépondérante avec d'autres.

Nous avons pensé qu'en faisant varier certaines conditions biologiques de la vie du ferment, un même poison pourrait déterminer, tantôt l'accoutumance, tantôt la sensibilisation. Notre attention avait déjà été attirée sur l'*influence de la température au cours de l'intoxication.*

Or nous avons pu montrer que, *suivant la température à laquelle sont cultivées les souches sur le milieu toxique, on obtient d'une façon tout à fait nette soit l'accoutumance, soit la sensibilisation.*

Voici les faits.

A partir de la même souche mère, on cultive pendant 4 mois plusieurs souches sur milieu potassique (KCl 20^g par litre), à diverses températures échelonnées entre 25° et 45°. A chaque température, on cultive parallèlement un ferment témoin. Exposons ici les résultats donnés par les deux souches cultivées aux températures extrêmes (26° et 39°-40°).

1° *Souche intoxiquée à* 26°. — L'essai est fait sur milieu contenant 25^g de KCl par litre et à plusieurs températures. Les nombres ci-après expriment l'acidité produite par la souche intoxiquée, rapportée à l'acidité

des témoins sur le même milieu potassique, cette dernière étant prise égale à 100. Les dosages sont faits au bout de 20 heures de fermentation (¹).

Températures d'épreuves.	Acidité de la souche intoxiquée en pour 100 du témoin.
34°,5	83
36,5	76
38,5	78
41,0	72
43,5	96

Donc la souche intoxiquée à 26° est sensibilisée vis-à-vis de KCl.

2° *Souche intoxiquée à 39°-40°.* — Ensemencée ainsi que la souche témoin sur milieu contenant 30^g par litre de KCl. Dosages au bout de 72 heures de fermentation pour les trois plus basses températures; au bout de 24 heures seulement pour les températures suivantes (¹).

Températures. d'épreuve.	Acidité de la souche intoxiquée en pour 100 du témoin.
31°,3	2950
33,7	3650
34,2	475
37,0	136
38,7	476
40,7	234
43,7	259
47,0	175

Donc la souche intoxiquée à 39°-40° a une résistance très accrue vis-à-vis de KCl.

Conclusions. — *La réaction de la bactérie lactique vis-à-vis d'un même poison* (KCl) *change de sens suivant la température; si l'intoxication se fait à haute température* (39°-40°), *la résistance au toxique augmente* (*accoutumance*)*; si l'intoxication se fait à basse température* (26°), *cette résistance diminue* (*sensibilisation*).

Ces faits sont incontestables. Mais il reste à savoir dans quelle mesure ils peuvent être généralisés à d'autres toxiques et à d'autres microbes.

(¹) Pour éviter toute perturbation des résultats, due à l'influence de la quantité de semence initialement déposée dans les cultures, les deux souches à comparer sont amenées par une dilution convenable exactement à la même opacité.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine des inclusions albuminoïdes du corps adipeux des Insectes.* Note (¹) de MM. **A. Paillot** et **R. Noel**, présentée par M. Henneguy.

On sait que, au cours de certains états physiologiques et notamment pendant la vie larvaire (jeûne, mue, nymphose), des masses albuminoïdes de volume variable apparaissent dans les cellules adipeuses de la plupart des Insectes; on les considère généralement comme des substances de réserve. L'origine de ces inclusions a été étudiée par différents auteurs, qui, pour la plupart, attribuent au noyau un rôle prépondérant. Nous avons repris cette étude sur le *Bombyx* du mûrier et sur *Pieris brassicæ* L., en utilisant les techniques cytologiques actuelles. Nous indiquons, dans la présente Note, les résultats auxquels nous sommes parvenus.

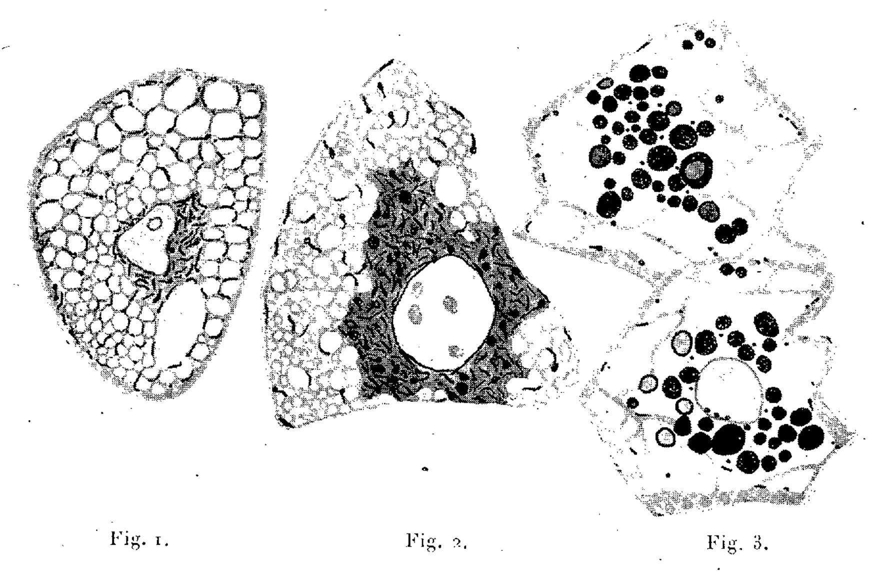


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

A. Mue. — 1° *État normal.* Dans les conditions ordinaires, la cellule adipeuse se montre bourrée de vésicules claires, occupées *in vivo* par des globules de graisse. Ces vésicules, adjacentes les unes aux autres, sont séparées seulement par de minces trabécules cytoplasmiques qui se rattachent à des zones de protoplasma plus dense situées autour du noyau et à la périphérie de la cellule (*fig.* 1). Dans ces trabécules, ainsi que dans les

(¹) Séance du 19 avril 1926.

zones protoplasmiques périnucléaire et périphérique, il existe un chondriome très abondant, se présentant sous forme de longs chondriocontes uniformément calibrés, épousant souvent la forme des vésicules contre lesquelles ils se trouvent appliqués du fait de la minceur de l'habitat protoplasmique. On observe souvent aussi de très petites granulations fuschinophiles ou sidérophiles qui peuvent être soit des mitochondries, soit des chondriocontes coupés transversalement.

2° *Dès le début de la mue*, le chondriome subit des modifications morphologiques importantes : Les chondriocontes présentent, à ce stade, des renflements caractéristiques situés soit au niveau d'une de leurs extrémités, soit au niveau de leur partie médiane; les éléments ainsi modifiés sont répartis dans toute la masse de la cellule.

3° *A un stade plus avancé de la mue*, on ne rencontre pour ainsi dire plus de chondriocontes uniformément calibrés, mais seulement des éléments très modifiés dans le sens d'une transformation en *plaste*; la figure 2 montre les principaux stades de cette transformation. On y voit des éléments rappelant la forme de fuseaux à extrémités plus ou moins effilées, de raquettes, de gouttes d'eau, de grains à queue.

4° *A une phase plus avancée encore*, la cellule apparaît comme bourrée de grosses granulations fuschinophiles ou sidérophiles, de volume variable, plus ou moins groupées autour du noyau. C'est le stade représenté dans la figure 3. La plupart de ces granulations sont arrondies; d'autres montrent encore un court appendice, vestige du chondriosome élaborateur initial.

5° *Après la mue*, on assiste à la réapparition du chondriome normal, ce processus est parallèle à la disparition des enclaves albuminoïdes, assimilable à une véritable fonte. La régénération du chondriome se fait par une série de stades superposables, mais en sens inverse, à ceux qui ont précédé l'apparition des inclusions albuminoïdes. Il existe donc, au cours de la mue, un véritable *cycle* qui, partant du chondriome normal, aboutit à la grosse granulation ou « plaste » albuminoïde, depuis longtemps connu; c'est la phase ascendante du cycle, qui est suivie d'une phase descendante, pendant laquelle, après utilisation des plastes, les chondriocontes initiaux sont régénérés.

B. Nymphose. — Nous avons pu suivre, au cours des différents stades de la nymphose, des phénomènes morphologiques exactement superposables à ceux ci-dessus décrits. Signalons toutefois que, chez *Pieris brassicæ*, les stades initiaux de l'élaboration précèdent de quelques jours la nymphose

proprement dite. Chez le Ver à soie, elles sont plus tardives et coïncident avec la fin de la vie larvaire.

C. Jeune. — Au cours du jeûne provoqué, des inclusions albuminoïdes, d'origine mitochondriale, apparaissent aussi dans certains éléments du corps adipeux.

Il nous a semblé que ces faits d'ordre cytologique résolvent un problème d'histo-physiologie normale resté jusqu'à présent sans solution. Il convient de les rapprocher du processus analogue mis en évidence par l'un de nous dans le foie des Mammifères (¹).

PHARMACODYNAMIE. — *Sur une nouvelle méthode de titrage physiologique des préparations ergotées*. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Bien qu'ils aient depuis longtemps reconnu la nécessité du titrage physiologique des préparations ergotées, les pharmacologistes semblent avoir vainement cherché jusqu'ici une méthode permettant d'effectuer ce titrage de façon précise. Les nombreuses méthodes proposées à cet effet peuvent être rangées en deux catégories : les *méthodes directes* qui enregistrent l'action propre de l'ergot et les *méthodes indirectes* qui sont basées sur les modifications de l'action de l'adrénaline sous l'influence de l'ergot.

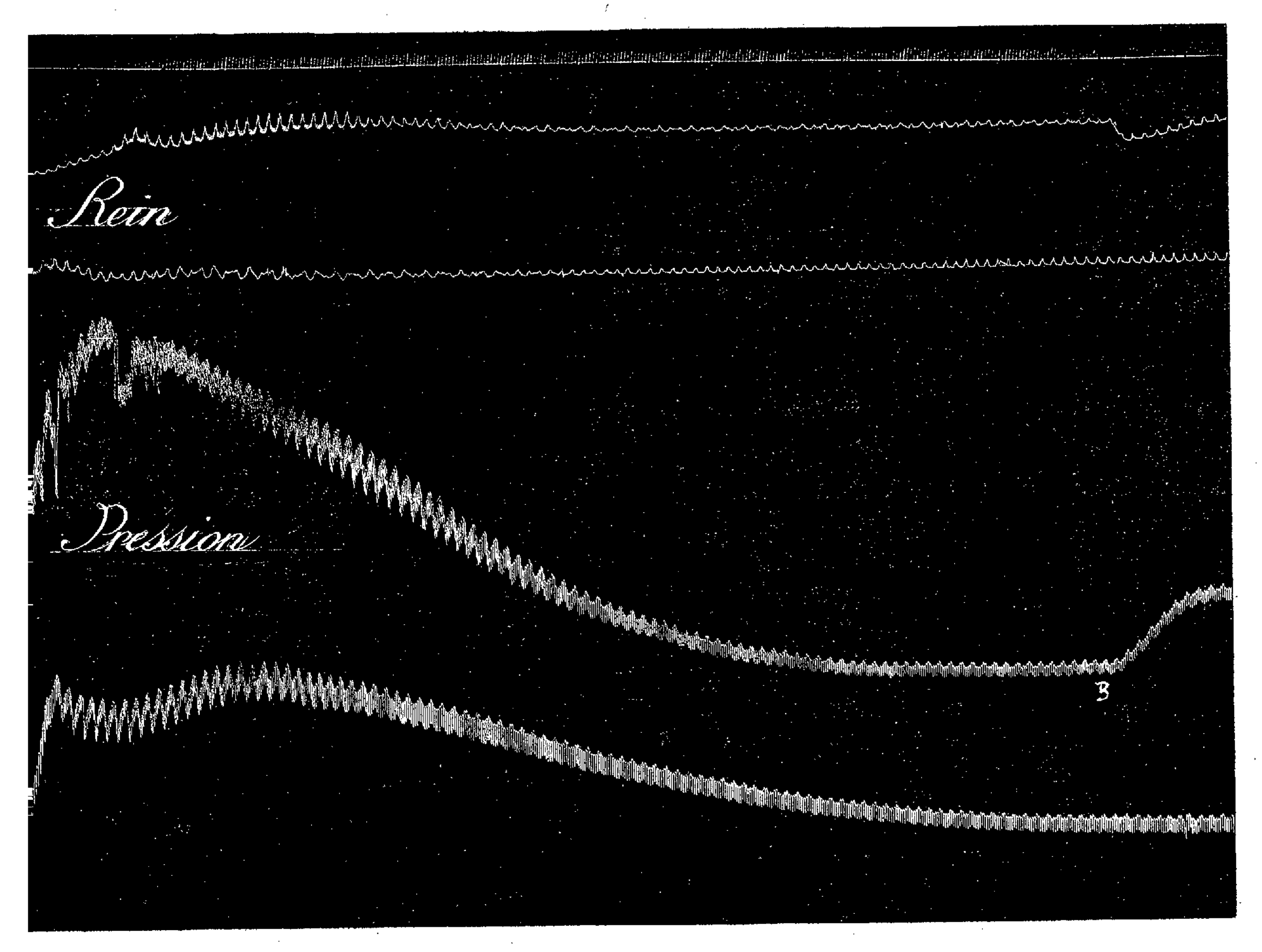
Quoi qu'en pensent certains auteurs, les méthodes directes sont inadéquates, car elles traduisent non pas la seule action des alcaloïdes qui sont le support des propriétés physiologiques spécifiques de l'ergot, mais la résultante de l'action de ces alcaloïdes et de celle des bases aminées et des sels potassiques qui existent aussi dans l'ergot et qui ont une action antagoniste ou synergique de celle desdits alcaloïdes.

Par contre, les méthodes indirectes expriment exclusivement l'action des alcaloïdes de l'ergot, mais elles ont été l'objet de critiques justifiées. Qu'il nous suffise de signaler ici, d'une part, que la méthode basée sur l'inversion de l'action hypertensive de l'adrénaline est inconstante, exige des doses considérables de substances actives, enfin ne permet pas de faire deux expériences sur le même animal car l'inversion une fois obtenue persiste pendant très longtemps, d'autre part, que la méthode qui repose sur l'inver-

(¹) R. Noel, *Archives d'Anatomie microscopique*, 19, 1925, p. 1, et *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 92, 1926, p. 1312.

sion de l'action de l'adrénaline sur l'utérus comporte fatalement les nombreux inconvénients de l'expérimentation sur l'utérus isolé.

La méthode que nous proposons aujourd'hui est basée sur la paralysie



Chien 9^{kg}, chloralosané ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle. En A, injection de $^5/_{100}$ de milligramme d'adrénaline; en B, de 1^{mg} de tartrate d'ergotamine (dose trop forte); enfin en C, de $^5/_{100}$ de milligramme d'adrénaline. Graphique réduit de moitié. Temps en secondes.

des vaso-constricteurs sympathiques rénaux signalée par nous précédemment. L'ayant expérimentée sur 260 chiens et chiennes différant par la race, l'âge et le poids, nous nous croyons autorisé à affirmer qu'elle est sensible et constante et qu'elle permet de faire plusieurs expériences sur un même animal, car la paralysie des vaso-constricteurs sympathiques rénaux est peu

durable, du moins si elle est obtenue par une dose de substance active dépassant peu la dose minima effective.

Le mode opératoire est très simple. Un chien anesthésié par le chloralosane ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle est préparé (chloralose pur) pour permettre l'enregistrement simultané de sa pression carotidienne au moyen du manomètre à mercure et des variations de volume de son rein au moyen de l'oncographe de Roy. Après avoir injecté dans la saphène $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline (*fig.* I-A) et constaté l'hypertension et la vaso-constriction rénale habituelle, on injecte dans le même vaisseau une dose de la préparation ergotée à essayer correspondant à la dose thérapeutique humaine moyenne. Puis, quand la pression a cessé de monter, on injecte de nouveau $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline. Trois cas peuvent alors se présenter : ou bien il n'y a pas de modification de la courbe plétysmographique, ou bien il y a une diminution de la vaso-constriction rénale, ou enfin il y a paralysie des vaso-constricteurs rénaux sympathiques (*fig.* I-C). Dans les deux premiers cas on attend qu'une injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline donne les mêmes effets qu'avant l'injection de la préparation ergotée, puis on injecte une dose de cette dernière 5 à 10 fois supérieure à la dose injectée précédemment. Si l'on n'obtient pas alors la paralysie des vaso-constricteurs sympathiques rénaux, c'est que la préparation essayée est très pauvre en alcaloïdes ou même en est totalement dépourvue. Dans le troisième cas, on pratique une seconde, puis une troisième injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline. Si la paralysie des vaso-constricteurs rénaux sympathiques rétrocède peu à peu, c'est que la dose injectée correspond à la dose minimale effective ; si au contraire elle persiste, c'est qu'on avait dépassé celle-ci.

Ajoutons que la dose minimale d'ergotamine cristallisée nécessaire pour produire sûrement la paralysie des vaso-constricteurs rénaux sympathiques oscille entre $\frac{1}{60}$ et $\frac{1}{30}$ de milligramme par kilogramme de chien.

PHARMACODYNAMIE. — *Action du chloralose sur le système nerveux végétatif.* Note de MM. **J. Gautrelet**, **R. Bargy** et Mme **Vechiu**, présentée par M. Ch. Richet.

H. Rydin [1] a montré que le chloral, comme d'ailleurs l'éther et le chloroforme, provoquait à faible dose l'augmentation du tonus et des con-

[1] *C. R. Soc. Biologie*, 92, 1925, p. 658.

tractions de l'intestin isolé. Le chloroforme et le chloral ont également la propriété de rendre le parasympathique plus sensible à l'acétylcholine, mais ils ne renforcent pas l'action motrice de la pilocarpine sur l'intestin.

Comment le chloralose se comporte-t-il vis-à-vis de l'intestin et de l'utérus isolés, partant vis-à-vis des systèmes sympathique et parasympathique?

Nous avons poursuivi nos recherches sur l'intestin de chien isolé et plongé dans 200^{cm^3} de liquide de Tyrode oxygéné et maintenu à 38°. L'intestin avait été prélevé dans la région duodénale d'un chien saigné par section des carotides.

Il convient d'ajouter plus de 2^{cg} de chloralose au liquide de Tyrode pour observer un effet sur l'intestin; il est toujours de même sens : aux doses de 4, 5 et surtout 8 et 10^{cg}, l'intestin réagit par une diminution plus ou moins marquée du tonus, les mouvements automatiques et le rythme sont à peine altérés même avec la dose élevée de 10^{cg}.

Nous avons constaté, comme Rydin et Sembner, sur un intestin de même provenance, l'hypertonie intestinale sous l'influence des mêmes doses de chloral.

Si l'on soumet l'intestin chloralosé (4^{cg} de chloralose ayant été 5 minutes auparavant ajoutés au liquide de Tyrode) à l'action de $\frac{2}{10}$ de milligramme d'acétylcholine, on observe une hypertonie de même amplitude que celle que l'on enregistre sur le même intestin normal après lavage. On n'obtient donc pas de renforcement de l'activité de l'acétylcholine après chloralose, comme on l'observe par contre après chloral, ainsi que nous l'avons vérifié.

Quant à l'action de la pilocarpine ($0^{mg},5$) elle est plutôt diminuée par le chloralose, à forte dose surtout : à l'hypertonie succède alors, plus rapidement qu'à l'état normal, la décontraction de l'intestin.

Nous avons d'autre part observé que l'action de l'adrénaline ($\frac{3}{100}$ de milligramme) était renforcée, si le liquide de Tyrode avait été auparavant additionné de chloralose : 4 et 5^{cg} suffisent en général pour que l'on obtienne une hypertonie plus durable et plus marquée que normalement. La contre-expérience était faite systématiquement sur le même fragment d'intestin normal après lavage.

Nous pouvons affirmer, par contre, que l'addition de chloral (4-6^{cg}) au Tyrode n'augmente pas la sensibilité de l'intestin à l'adrénaline.

Il semble donc qu'à la différence de l'hydrate de chloral, le chloralose, à dose suffisamment élevée, provoque l'hypotonie intestinale, et, s'il ne modifie pas l'activité de l'acétycholine, diminue la réaction de la pilocarpine : loin

d'être un excitant parasympathique, *le choralose est donc susceptible de se comporter comme un léger excitant sympathique.*

Nos expériences sur l'utérus confirment cette opinion. Ajouté à la dose de 5^{cg} à 200^{cm^3} de Tyrode, le chloralose provoque une hypotonie plus ou moins accusée de l'utérus de cobaye et l'hypertonie de l'utérus de chienne. On n'observe pas d'action avec le chloral à la même dose.

L'action hypotonique de l'adrénaline sur l'utérus de cobaye ($\frac{5}{100}$ de milligramme) est manifestement renforcée par l'addition antérieure de 4^{cg} de chloralose au Tyrode.

Sur l'intestin prélevé chez le chien anesthésié à l'aide de chloralose (10^{cg} par kilogramme), nous avons constaté nettement l'augmentation de l'excitabilité sympathique de tels fragments intestinaux isolés et étudiés comme précédemment dans le Tyrode. L'action de l'adrénaline est manifestement renforcée : nous avons observé parfois avec $\frac{3}{100}$ de milligramme une hypotonie accusée persistant pendant plus d'une demi-heure.

Les résultats avec les échantillons de chloralose de diverses provenances ne sont pas toujours de même sens, nous avons observé des variations d'intensité assez marquée dans les réactions. Il ne nous a pas été possible d'imputer à la présence de parachloralose ces différences d'intensité.

Ch. Richet, lors de la découverte en 1893 du précieux anesthésique dont il a doté les laboratoires, attirait l'attention sur la propriété d'augmenter l'excitabilité médullaire et l'énergie des contractions cardiaques.

L'un de nous (1), après avoir montré récemment que l'atropine ne modifiait pas sensiblement l'amplitude du cœur chez l'animal chloralosé, insistait sur la propriété que possède le chloralose de maintenir la pression artérielle à son taux normal durant l'anesthésie. Il nous sera permis de voir dans cette propriété si remarquable une manifestation de même ordre que celle que nous venons de mettre en évidence sur l'intestin isolé, maintien et même hyperactivité du système nerveux sympathique, ce qui assure la tonicité vasculaire.

---

(1) J. Gautrelet. *Contribution à l'étude physiologique du chloralose* (*C. R. Soc. biol.*, **81**, 1918, p. 369).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La méthode à l'acétone permet de localiser dans la sérumalbumine l'hémolysine d'un immunsérum hémolytique.* Note de M. **Maurice Piettre**, transmise par M. Matignon. (Extrait.)

Après avoir montré avec M. A. Vila [1] que la méthode à l'acétone permet de séparer analytiquement non seulement les protéines du sérum normal, mais encore ses autres constituants (lipides, matières extractives azotées, glucides, substances minérales), nous avons cherché à adapter cette méthode au traitement chimique des immunsérums.

Le présent travail est consacré à une rapide étude des hémolysines.

I. La recherche de la *sensibilisatrice* a porté sur un sérum équin hémolytique à moins de 1 pour 100 pour les globules rouges de mouton. Ce sérum avait été chauffé au préalable une demi-heure à 56° pour détruire l'alexine.

Voici résumé le traitement chimique. $22^{cm^3},5$ de sérum sont précipités à froid par 56^{cm^3} d'acétone également froide. Après essorage on lave et malaxe sur Büchner même, deux fois avec 35^{cm^3} d'acétone, puis à deux reprises avec 35^{cm^3} d'éther anhydre. La poudre blanche ainsi obtenue, mise en contact avec $22^{cm^3},5$ d'eau distillée, se redissout complètement en donnant une belle liqueur à peine blonde.

La détermination de l'acidité nécessaire à la précipitation de la globuline est effectuée sur des prises d'essai de $0^{cm^3},5$ avec $HCl\frac{N}{100}$; on trouve $2^{cm^3},2\frac{N}{100}$ par centimètre cube de sérum. La liqueur sérique restant, $V = 20^{cm^3}$, est additionnée d'abord de 10^{cm^3} d'eau saturée à froid d'éther, puis de $4^{cm^3},4$ d'$HCl\,\frac{N}{10}$ et laissée 6 heures à la glacière. On centrifuge alors à grande vitesse, et lave avec 12^{cm^3} d'eau éthérée froide.

La sérumglobuline reprise par de l'eau distillée contenant $1^{cm^3},25$ de $NaOH\,\frac{N}{10}$ donne une liqueur très légèrement alcaline, un peu louche, $V = 40^{cm^3}$.

La sérumalbumine est une magnifique solution, parfaitement transparente, $V = 40^{cm^3}$.

L'épreuve biologique de ces deux liqueurs contenant les deux protéines fondamentales a été faite, par comparaison avec le sérum initial, par

(1) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 372 et 1466.

M. A. Chrétien, d'après la technique classique et en utilisant comme source d'alexine le sérum frais de cobaye.

	Pour 100.
Pouvoir hémolytique du sérum	0,75
» » de la sérum-albumine (ramenée par le calcul à dilution du sérum)	0,85
» » de la sérum-globuline	pratiquement nul.

Le contrôle des ces déterminations a été réalisé par M. Ach. Urbain; les résultats ont été tout à fait comparables. Purifiée par une deuxième précipitation acétonique à froid, la sérum-albumine garde son pouvoir hémolytique. La sérum-albumine peut être utilement conservée à l'état sec.

II. La recherche de l'*alexine* a porté sur le sérum fraîchement recueilli de cobaye : 18$^{cm^3}$ ont été traités comme plus haut.

Les résultats ont été négatifs aussi bien avec la globuline qu'avec l'albumine, la myxoprotéine, les lipoïdes et les sels.

Le bloc des protéines, après précipitation acétonique, s'est cependant montré très légèrement actif dans une expérience sur trois.

Conclusions. — Ces recherches démontrent très nettement que les hémolysines spécifiques accompagnent presque quantitativement la sérumalbumine. Elles apportent en même temps une nouvelle confirmation de la valeur de la méthode à l'acétone comme instrument d'analyse et d'investigation biologique.

La question des anticorps n'est point résolue pour cela, mais elle devient plus facilement accessible. Dès maintenant elle fait surgir un problème des plus ardus : les propriétés spécifiques des sérums correspondent-elles à de nouvelles substances, à des entités chimiques ou bien à de simples modifications physico-chimiques des composants normaux du sérum?

MICROBIOLOGIE. — *Spirochètes des selles typhiques et paratyphiques; leur agglutinabilité possible par le sang du porteur; leur présence dans la péritonite par perforation.* Note de M. **J. Sabrazès**, présentée par M. H. Vincent.

Les selles normales et pathologiques contiennent, en plus ou moins grand nombre, des microbes spiralés du type spirochète dont l'étude a été le point de départ de très nombreuses publications.

Des spirochètes existent normalement, en petit nombre, dans 50 pour 100

des selles examinées. Werner a fait cette constatation en 1909 (1). De nombreux spirochètes ont été trouvés dans des syndromes cholériques et cholériformes (Kowalski, 1884; van Ermengem, 1885; Netter, 1892; Aufrecht, 1903, etc.). Certains états dysentériques ou dysentériformes montrent également beaucoup de spirochètes (A. Le Dantec, 1900-1903; J. Courmont et Ch. Lesieur, 1913); on en a trouvé aussi beaucoup au cours de certaines appendicites (Thiroloix et Durand, 1911) et d'un bon nombre d'entérites (P. Tessier et Ch. Richet fils).

Il nous a paru intéressant de rechercher les spirochètes dans les matières fécales des typhiques et paratyphiques, ce qui n'a jamais été fait systématiquement.

Le liquide fécal, ramené par lavement en solution saline physiologique, en évitant toute souillure provenant de l'appareil génito-urinaire, convient pour cela. On l'étale; on sèche; on emploie les techniques que nous avons fait connaître — bleus en coloration post-vitale; fixation par la chaleur et liquide de Ziehl à chaud (2). La technique de Fontana-Tribondeau, l'éclairage à fond noir, l'enrichissement par brassage et mise à l'étuve servent de contrôle. Tous les examens microscopiques sont faits à l'éclairage artificiel.

Nous avons examiné en série 20 cas de fièvre typhoïde ou paratyphoïde. Tous ces malades ont présenté des spirochètes dans les matières fécales. Ils se colorent à l'aide des diverses techniques connues. Ils apparaissent beaucoup plus grêles après les colorations post-vitales, ainsi qu'après la fixation par la chaleur et le liquide de Ziehl à chaud, qu'à la suite des imprégnations argentiques, renforcées ou non par la fuchsine phéniquée; nous les figurons ici tels que les montre, notablement épaissis, le procédé de Fontana-Tribondeau.

Ces spirochètes ne prennent pas le Gram; ils sont rarement associés à des bacilles fusiformes. Beaucoup parmi ces spirochètes, rappellent *Treponema Vincenti*.

Le spirochète à grandes ondulations a l'aspect de *Treponema buccale*. La hauteur des ondulations varie de $1^{\mu},8$ à $3^{\mu},8$; leur espacement de 3 à 4^{μ}; leur épaisseur de $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$, après coloration par la méthode de Fontana-Tribondeau; leur longueur atteint fréquemment 25^{μ}. Ils ont des disposi-

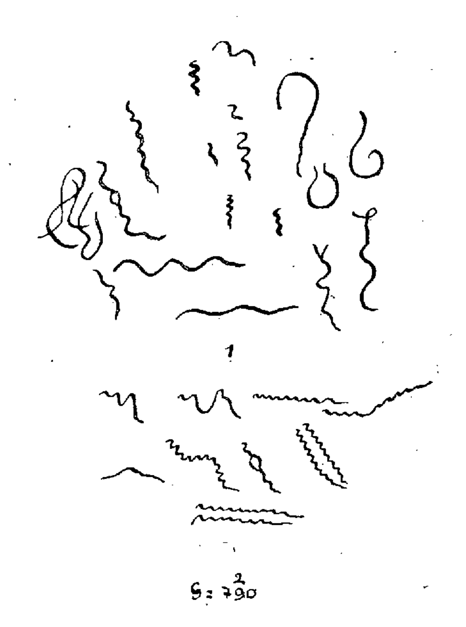
---

(1) *Ueber Befunde von Darmspirochæten beim Menschen* (*Centralbl. f. B.*, Bd **52**, *Orig.*, 1909, p. 241).

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 874.

tions en fouet, en urne, en clé de sol, en S; les groupements par deux ne sont pas rares (*fig.* 1); ils ont des mouvements de vrille.

Généralement plus rares sont les spirochètes grêles rappelant *Treponema dentium;* les tours de spire sont nombreux, de faible amplitude (de $0^{\mu},8$ à 1^{μ}), augmentant parfois d'un bout à l'autre de l'élément. En longueur, ces spirochètes mesurent 14^{μ} à 18^{μ}. Ils apparaissent très déliés et bien colorés,



en coloration post-vitale ou après chaleur et action du liquide de Ziehl à chaud. L'imprégnation argentique les épaissit beaucoup (*fig.* 2). On voit des formes de division placées bout à bout.

Au cours des deux premiers septénaires des typhoïdes et paratyphoïdes A ou B, l'abondance des spirochètes fécaux peut être *parfois* considérable. Ce nombre est, par contre, chez certains de ces sujets assez restreint; il va diminuant, le plus souvent, à la période de déclin de la maladie; dans un de nos cas, cependant, au 25ᵉ jour, les spirochètes des selles étaient encore très nombreux.

Dans un cas de péritonite par perforation, des spirochètes de la modalité figurée en 2 étaient assez abondants parmi les autres microbes de l'exsudat putride.

A l'autopsie d'un typhique, les plaques de Peyer en imminence de perforation ne montraient que peu de spirochètes.

Le sérum des typhiques et paratyphiques acquiert-il des propriétés agglutinantes à l'égard des spirochètes du porteur ? A la troisième semaine chez un des malades dont les selles étaient encore riches en spirochètes, une certaine agglutinabilité se révélait au $\frac{1}{40}$, sans supprimer les mouvements de tous ces spirochètes. Les épreuves d'agglutination ont été faites après 20 à 40 minutes d'étuve à 37°.

En résumé, chez tous les typhiques et paratyphiques, il existe des spirochètes dans les selles; dans les péritonites par perforation on en trouve dans l'exsudat. Les spirochètes associés dans l'intestin aux bacilles typhiques ou paratyphiques jouent peut-être, chez certains malades, un rôle pathogène qui demande à être défini.

MICROBIOLOGIE. — *Quelques expériences sur l'infection charbonneuse.* Note de MM. **Georges Blanc** et **Jean Caminopetros**, présentée par M. Roux.

En 1921 Besredka a attiré l'attention sur ce fait paradoxal que les animaux sensibles à l'infection charbonneuse paraissent ne pouvoir s'infecter que par une lésion de la peau.

Il est, en effet, démontré qu'introduite directement dans le péritoine, la trachée, l'appareil circulatoire ou le tissu lacunaire, la bactéridie n'entraîne ni infection ni immunité si la peau n'a pas été lésée. Mais faut-il en conclure, avec Besredka, que seule la peau est sensible à l'infection et que, suivant son expression, un animal dépouillé de sa peau serait, si l'expérience pouvait être tentée, indifférent à l'inoculation de virus charbonneux ([1]).

Les expériences que nous rapportons ci-après ne justifient pas cette hypothèse. Elles établissent que, de tous les organes, ce n'est pas la peau, mais le système nerveux qui est le tissu le plus sensible.

Un lapin est attaché sur le dos; on enfonce dans le rectum un tube de verre vaseliné long de 5^{cm} et mousse à son extrémité. Par ce tube protecteur on introduit une aiguille à ponction lombaire montée sur raccord en caoutchouc. D'un coup brusque, l'aiguille est enfoncée à travers la paroi intestinale jusque dans les muscles lombaires. On injecte avec une première seringue $0^{cm^3},25$ d'une émulsion de bacilles charbonneux, puis on retire la seringue que l'on remplace par une autre et l'on injecte 2^{cm^3} d'eau physiologique pour bien laver l'aiguille. Enfin on retire l'aiguille protégée par le tube de verre et cela en lavant pour plus de précaution le tube à l'acétone-Lugol.

([1]) Besredka, *Bull. Institut Pasteur*, 20, 1922, p. 475.

Le lapin est laissé 20 minutes sur le dos pour laisser à la petite plaie intestinale le temps de se fermer. Un lapin témoin est inoculé avec de l'eau physiologique, de la même manière pour montrer l'innocuité de la ponction parentérale.

Dans toutes nos expériences les lapins inoculés de cette façon sont morts de charbon, ce qui semble prouver que les muscles, ou tout au moins la paroi intestinale, sont sensibles et qu'à côté du revêtement cutané il faut placer le revêtement muqueux de l'intestin. On peut cependant objecter qu'il n'est pas démontré que l'infection ne s'est pas faite par la peau, et la même objection peut être faite aux expériences qui montrent le rôle de la phagocytose dans l'immunité péritonéale ([1]). Dans les expériences d'Aug. Lumière et dans celles que nous avons faites nous-mêmes en retardant l'action phagocytaire des globules blancs, nous avons permis l'infection, mais nous ne sommes pas en droit d'affirmer que ce n'est pas la peau qui a été infectée par la lésion minime que nous avons pu produire. En traversant la paroi de l'intestin nous avons touché des vaisseaux, lancé dans la circulation des bacilles qui peut-être se sont arrêtés à quelque minime lésion de la peau que nous n'avons pu voir. Il est impossible d'affirmer l'intégrité histologique de la peau d'un cobaye ou d'un lapin.

Pour éviter cette objection il fallait écarter de façon indiscutable le rôle de la peau. Voici comment nous avons essayé de le faire. Au lieu d'utiliser la bactéridie charbonneuse dont la virulence est si grande que la moindre inoculation accidentelle peut passer inaperçue et vicier l'expérience, nous avons opéré avec un bacille charbonneux atténué provenant d'une culture de vaccin n° II fourni par l'Institut Pasteur. Nous en avons un peu exalté la virulence par plusieurs passages par le lapin en inoculant des fortes doses de germes. Cette souche injectée *dans* et *sous la peau*, même à dose considérable, s'est montrée inoffensive. Par contre, elle donnait lieu à une infection presque constamment mortelle lorsqu'on l'inoculait dans l'encéphale par voie transorbitaire. Parmi les nombreuses expériences que nous avons faites, nous citerons celle-ci :

Sept lapins sont inoculés le 31 mai 1924 avec la souche de bacille charbonneux, vaccin n° II; les lapins 8, 9, 10, *dans le cerveau* avec $1^{cm^3},5$ de culture mélangés à $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique; les lapins 11, 12, 13, 14,

---

([1]) A. Lumière et M. Montoloy, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 594. Nous avons nous-mêmes fait des expériences analogues à celles de ces auteurs en introduisant dans le péritoine de lapins des bacilles charbonneux enrobés dans de petits cubes de gélatine. Nos animaux succombèrent régulièrement à l'infection charbonneuse.

sous la peau avec 1^{cm^3},5 de culture, et *sur la peau* avec la même dose. Les trois premiers meurent de charbon, le lapin 6 le 2 juin; le 9 et le 10, le 3 juin. Les quatre lapins (11, 12, 13, 14), inoculés *dans* et *sous la peau*, survivent. A l'autopsie des lapins morts après l'inoculation intracérébrale on retrouve les bacilles sur frottis et dans les cultures de tous les viscères. Des coupes de cerveau montrent un véritable feutrage de bacilles sous les méninges et des lésions de méningite. Les lapins inoculés *sous la peau* survivent à des doses considérables de virus (2^{cm^3}, 3^{cm^3} et même, dans une expérience, 8^{cm^3} de culture) alors que ceux qui sont inoculés *dans le cerveau* avec de faibles doses meurent. Il semble bien qu'en de tels cas le rôle de la peau soit à écarter. Qu'importe si, en inoculant nos lapins par voie orbitaire, nous avons souillé la muqueuse ou la peau, puisque ces souillures sont inoffensives. On est donc en droit de conclure de ces expériences que la peau n'est pas le seul organe sensible à l'infection charbonneuse, et que le système nerveux central est beaucoup plus réceptif que le revêtement cutané. On peut se demander si le succès des vaccinations cutanées, selon la technique instituée par Besredka, ne tient pas à ce fait que le revêtement cutané est parcouru par un réseau très serré de fibres nerveuses. Mais ce rôle du système nerveux dans le mécanisme de l'immunité reste à démontrer.

MÉDECINE. — *Influence de la dose du médicament sur la défense de l'organisme.* Note (¹) de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval. (Extrait.)

Les expériences décrites dans une Note précédente (²) ont été étendues à des dilutions successives de bicarbonate de soude au centième, de 10^{-2} à 10^{-12} centigramme par centimètre cube.

On a établi deux séries d'essais, comprenant chacune un tube témoin (10^{cm^3} de lait stérile + 1^{cm^3} de kéfir de trois jours) et 6 tubes renfermant chacun, en plus du mélange précédent, lait + kéfir, 1^{cm^3} d'une des solutions précédentes.

Après trois jours à la température du laboratoire (17 à 20°), on a observé l'aspect des tubes et dosé l'acide lactique :

(¹) Séance du 19 avril 1926.

(²) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 665.

1° *Aspect.* — Dans aucun des tubes (¹), on n'a observé de coagulation avec séparation du caillot; l'aspect reste au contraire sensiblement homogène.

2° *Acidité.* — Après agitation, on a dosé l'acide lactique en présence de la phénolphtaléine à l'aide d'une solution décinormale de soude dont 1^{cm^3} correspond à $0^g,009$ d'acide lactique. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

Échantillon de kéfir I.

	Acidité en acide lactique par litre.
	g
Témoin.........	3,8
Solution 1.......	4,4
» 2.......	4,7
» 3.......	4,6
» 4.......	4,5
» 5.......	4,3
» 6.......	4,2

Échantillon de kéfir II.

	Acidité en acide lactique par litre.
	g
Témoin.........	4,0
Solution 1.......	4,4
» 2.......	4,7
» 3.......	4,6
» 4.......	4,3
» 5.......	4,6
» 6.......	4,4

On voit donc que, avec ces hautes dilutions, la quantité d'acide lactique est toujours augmentée; mais l'effet produit ne paraît pas en rapport avec le degré de concentration de la solution employée.

Il y a là une action toute spéciale dans laquelle les lois chimiques ne semblent pas intervenir; c'est analogue à l'effet d'une étincelle électrique ou d'une capsule qui peut faire éclater n'importe quelle charge d'explosif et produire les effets formidables que l'on connaît.

Conclusions. — 1° Ces résultats montrent que les effets des doses infinitésimales de médicaments peuvent, chez un organisme dans des conditions spéciales, produire des effets aussi énergiques et parfois même plus énergiques que des médicaments employés à doses pondérables.

Ces expériences sont à rapprocher de celles qu'avait faites M. Gabriel Bertrand sur l'*Aspergillus niger* (²) dans lesquelles ce corps était sensible à une dose de $\frac{1}{10\,000\,000\,000}$ de manganèse, c'est-à-dire un décimilliardième.

2° Il est toujours difficile en clinique d'être certain que l'effet observé est produit par le médicament absorbé; il faut soit avoir réuni un grand nombre d'observations, soit s'adresser à des affections dont les symptômes sont mesurables, comme l'albumine ou le sucre dans l'urine; la tempéra-

(¹) Sauf le tube témoin.

(²) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 616.

ture, la tension artérielle, le rythme des battements cardiaques, ou des phénomènes respiratoires : et encore faut-il avoir soin de s'adresser à des malades qui ignorent et la nature du médicament et l'action qu'il doit produire : les enfants sont, dans ce cas, de très bons sujets.

J'ai réuni un certain nombre d'observations, encore inédites, qui m'ont prouvé que les hautes dilutions homœopathiques peuvent avoir des effets très actifs; évidemment, d'après les théories actuelles sur la constitution de la matière, dans ces hautes dilutions, au-dessus de la trentième, le médicament, en tant que médicament, n'existe plus, mais il y a peut-être autre chose, et cet *autre chose* vaut la peine d'être étudié.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 15 mars 1926.)

Note de M. *Rogoff*, Plaque rectangulaire posée supportant une charge P concentrée en son centre :

Page 683, ligne 11 en remontant, *au lieu de*

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_a, \qquad N_b = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_b,$$

lire

$$N_a = \frac{P}{d^2}(\gamma_a + \eta\gamma_b), \qquad N_b = \frac{P}{d^2}(\gamma_b + \eta\gamma_a),$$

et corriger en conséquence cinq lignes plus haut.

(Séance du 29 mars 1926.)

Note de M. *Theodor Lippmaa*, Sur les propriétés physiques et chimiques de la rhodoxanthine :

Page 867, ligne 11, *au lieu de* Theodor Lipmaa, *lire* Theodor Lippmaa.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1926.

Les oiseaux de la Haute-Marne et des départements limitrophes. Première partie : *Oscines, Strisores, Brachypodes, Pici, Striges, Raptatores*, par C. Frionnet. Saint-Dizier (Haute-Marne), chez l'auteur, 1925; 1 vol. 23cm.

Les méthodes physiques appliquées à la Chimie, par P. Job. Paris, G. Doin et Cie, 1926; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. Urbain.)

Le budget du personnel des recherches scientifiques en France, par Albert Ranc. Paris, chimie et industrie, 1926; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. G. Urbain.)

La Risicoltura in Albania. Le condizioni dell'agricoltura nel Montenegro, par Antonio Baldacci. Bologna, Industrie grafiche italiane, 1921, 1922; 2 fasc. 30cm.

Le esplorazioni botaniche nel Montenegro, primo periodo (1827-1841), par Antonio Baldacci. Bologna, Coop. tipografica Azzoguidi, 1924; 1 fasc. 30cm.

Leonardo da Vinci botanico e fondatore del metodo sperimentale, par Antonio Baldacci. Bologna, tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1924; 1 fasc. 31cm.

La botanica di Leonardo da Vinci desunta dei manoscritti della biblioteca dell'Istituto di Francia, par Antonio Baldacci. Bologna, tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1915; 1 fasc. 31cm.

La botanica nel codice Atlantico di Leonardo da Vinci, par Antonio Baldacci. Bologna, tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1916; 1 fasc. 31cm.

Le piante di Leonardo da Vinci nei codici della biblioteca reale del castello di Windsor, parte prima, par Antonio Baldacci. Bologna, Coop. tipografica Azzoguidi, 1923; 1 fasc. 31cm.

Antonio Baldacci e la sua opera Adriatica, *in* Adriatico nostro, anno IV, vol. II, nos 40-41; par Giacomo Golfera. Milano, Adriatico-nostro, 1924; 1 fasc. 34cm.

Étude sur la croissance des plantes, par Lucien Demozay. Paris, Le mouvement sanitaire, s. d.; 1 fasc. 28cm.

(*A suivre*.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur le diagnostic de l'aptitude du sol à fixer l'azote.* Note (¹) de M. S. WINOGRADSKY.

Les fixateurs aérobies, ou *Azotobacter*, sont généralement considérés comme les agents les plus importants de la fixation de l'azote par le sol, opinion que nos recherches exécutées dans le courant des deux dernières années ont confirmée une fois de plus. S'il en est ainsi, le processus peut être envisagé, en premier lieu, comme fonction du nombre, ou plutôt de la densité de ces fixateurs dans le sol, laquelle doit être à son tour fonction de la fertilité du milieu naturel envers ces derniers.

Ce sont ces deux facteurs qui détermineront l'activité fixatrice d'un sol donné. En disposant de méthodes pour les évaluer, il est possible de faire un diagnostic assez sûr de cette activité. Rappelons que c'est *la méthode des cultures spontanées* qui renseigne sur la fertilité, tandis que *la méthode des plaques silico-gel* sert à mesurer la densité des *Azotobacter* et, par le dosage, le produit de leur action (²).

Un *sol actif* est reconnaissable à la rapidité avec laquelle il répond par des pullulations massives d'*Azotobacter* à tout apport de carbone assimilable. Leur densité s'y maintient en conséquence au maximum, et les germes, souvent rajeunis, y persistent à l'état actif.

(¹) Séance du 26 avril 1926.

(²) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 711; **182**, 1926, p. 907 et 999. — *Ann. de l'Institut Pasteur*, **39**, 1925, p. 299.

Un *sol peu actif* l'est en premier lieu à cause de son infertilité, temporaire ou durable, envers les fixateurs aérobies. Le carbone assimilable, seul, n'y provoque plus de cultures spontanées, le milieu manquant d'autres principes nécessaires. Les germes ne s'y renouvelant que rarement, ou point du tout, y sont réduits en densité ainsi qu'en activité, par vieillissement ou formation de stades de repos.

Enfin, un *sol inactif* est un milieu impropre aux *Azotobacter*, qui ne peuvent s'y maintenir même à l'état de repos.

Le diagnostic se fait au moyen des cinq épreuves ci-dessous indiquées. On les utilisera parallèlement, ou l'on en fera un choix, selon le cas et la précision qu'on désire atteindre.

1° Épreuve préliminaire, ou d'orientation. On ensemence par 50 à 100 grains de terre une plaque silico-gel de 9^{cm} de diamètre. S'il s'agit d'une terre active, les colonies *Azotobacter* apparaissent entourant les grains, au bout de 48 heures à 30°, et le taux des grains fertiles atteint 25 à 50 pour 100. S'il s'agit d'une terre peu active, les colonies n'apparaissent que tardivement (4^e-5^e jour) et beaucoup moins nombreuses. Une terre inactive laisse les plaques stériles indéfiniment.

2° On incorpore $0^g,5$ de mannite à 50^g de terre. Au bout de 48 heures à 30°, on fait l'examen microscopique de la terre. Une culture spontanée d'*Azotobacter* montrera que la terre est active; son apparition tardive, ou son absence, indiquera que la terre est peu active ou inactive.

3° On moule la terre additionnée de 5 pour 100 d'amidon, en plaque, on tient 48 heures à 30°. De nombreuses colonies — plusieurs dizaines par centimètre carré — laisseront conclure que la terre est active, leur absence qu'elle est peu active ou inactive.

4° On épand 1^g de terre, poids sec, sur une plaque de silico-gel de 20^{cm} de diamètre. Une terre active laissera paraître, au bout du même délai à 30°, un nombre de colonies de l'ordre de 800 à 1000 par 100^{cm^2}, soit environ 2500-3000 par gramme de terre. Une terre peu active — un nombre bien inférieur, tombant parfois à une dizaine par gramme de terre. Une terre inactive — néant.

5° On dose l'azote fixé sur la grande plaque. Une terre active fixera aux dépens de 2^g de mannite 20^{mg} d'azote en 120 heures; une terre peu active ne produira pas ce gain dans le même délai; une terre inactive ne fixera que des traces, soit quelques dixièmes de milligramme.

Une terre active est donc facile à reconnaître par chacune de ces épreuves. Mais pour avoir un diagnostic plus complet, il est indiqué de combiner l'épreuve de la culture spontanée avec celle de la grande plaque (n° 4). Si l'on veut éviter l'examen microscopique, on pourra se contenter de l'épreuve n° 3, d'une simplicité élémentaire.

Cette double épreuve est indispensable quand il s'agit d'une terre peu

active, qui peut faire paraître un nombre parfois considérable de colonies sur plaque, mais se refuse toujours à produire des cultures spontanées.

Quant à la terre inactive, elle est caractérisée avec précision par l'absence totale de germes *Azotobacter*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur une aggravation du danger de capture par le Niger des principaux affluents du Tchad.* Note de M. **Jean Tilho.**

On sait que l'existence du lac Tchad est menacée par l'éventualité de la capture du système hydrographique Logone-Chari, son principal tributaire, par la Bénoué, affluent de gauche du Niger. La position de la Bénoué par rapport au Logone est, en effet, la suivante : descendus tous les deux du massif de Ngaoundéré (alt. 1300^m env.), la première dévale rapidement au pied du plateau soudanais qu'elle longe quelque temps, puis elle se termine au niveau de base d'altitude o, dans l'Océan Atlantique; tandis que le Logone, se maintenant constamment sur le plateau soudanais, va finir dans le Tchad, au niveau de base d'altitude 240^m. Or, parallèlement au Logone, et à une trentaine de kilomètres à l'Ouest, coule la Kabbia, qui le rejoignait autrefois aux environs de Diokoïdi, après avoir formé les marais du Toubouri; son confluent ayant été colmaté par ses alluvions, qu'un courant trop faible n'entraînait plus, elle a cherché et trouvé un débouché vers l'Ouest, où, par un thalweg peu profond, rocailleux et terminé par un abrupt d'une cinquantaine de mètres (chutes Gauthiot), elle s'est déversée dans la vallée de la Bénoué.

Entre Logone et Kabbia, la zone de séparation est simplement constituée par une plaine d'alluvions légèrement inclinée vers le Toubouri; une ligne plus ou moins distincte de faibles ondulations, coupées de dépressions discontinues, marque seule la ligne de partage. L'ensablement progressif du lit mineur du Logone oblige ses eaux, en période de crue, à s'étendre de plus en plus dans cette plaine, comme aussi d'ailleurs dans celle qui borde sa rive orientale, laquelle est également submergée, aux mêmes époques, par les eaux du Chari. Logone et Chari sont en outre reliés par des bras de divagation qui maintiennent entre eux des communications temporaires plus ou moins longues.

Une telle situation est sensiblement identique à celle dans laquelle se trouvaient à Madagascar, il y a un quart de siècle, les fleuves Mahajamba et Betsiboka, lorsqu'en 1903, à la suite d'une violente crue, le premier

s'est brusquement détourné de son parcours normal pour se déverser dans le second par la dépression de Kabango, laquelle communique avec le Kamory, affluent de la Betsiboka, par un thalweg coupé de rapides.

La soudaineté de ce phénomène, provoqué par une seule saison des pluies supérieure à la moyenne, mérite d'autant plus de retenir l'attention, en ce qui concerne le Logone, que la situation déjà dangereuse de ce dernier s'est aggravée, depuis 1911, par la construction d'un canal sans écluses reliant Ham (terminus de la navigation à vapeur sur le Logone) à Pogo (terminus de la navigation dans le Toubouri) [1]. Grâce à sa pente descendante vers la Kabbia, il déverse annuellement dans celle-ci une grosse quantité d'eau enlevée au Logone, favorisant par cela même le rabotage des seuils rocheux qui soutiennent le plan d'eau des lacs de Fianga et de Tikem; il contribue ainsi à accélérer le creusement du lit de la rivière qui les forme, et à en accroître la puissance d'érosion régressive.

De ce fait, il est à craindre que nous approchions du moment où l'affouillement du sol sur la rive gauche du Logone sera devenu suffisant pour que, lors d'une crue exceptionnellement forte, cet important tributaire du Tchad se précipite tout entier vers la Bénoué, appauvrissant dès lors de plus d'un tiers la quantité d'eau déjà déficitaire dont dispose le grand lac centre-africain.

D'autre part, il ne fait point de doute qu'une fois réalisée la capture définitive du Logone par la Bénoué, celle du Chari ne s'ensuive à plus ou moins bref délai, aucun obstacle ne s'opposant à la répétition du phénomène, ainsi qu'il est dit plus haut. De telle sorte que la dépression tchadienne se trouve menacée d'un dessèchement total; on imagine aisément les conséquences désastreuses qui en résulteraient pour le Centre-Africain : environ 200000$^{km^2}$

(1) Ce canal a été creusé, lors de l'insurrection du Ouadaï, pour faciliter le ravitaillement des colonnes de pacification : les approvisionnements, arrivant de France par le Niger et la Bénoué jusqu'au pied des chutes Gauthiot, étaient transportés par roulage à Mbourao, au sommet des rapides. Ensuite, des embarcations légères l'amenaient à Pogo, d'où il était lentement évacué à tête d'hommes vers le Logone, à travers une zone marécageuse d'un parcours très pénible. C'est pour éviter cette dure corvée du portage que le colonel Largeau, commandant du territoire, fit relier par un canal les deux extrémités des voies navigables. Mais il ne prit pas garde que, ce faisant, il allait détourner vers le Niger une partie des eaux destinées au Tchad et compromettre ainsi l'existence de ce dernier. Peu de temps après, d'ailleurs, des éboulements rendirent ce canal impraticable aux embarcations, mais la voie d'eau subsiste toujours.

de terres argilo-siliceuses, nourrissant d'importants troupeaux et très favorables à la culture du coton, du sorgho, du maïs, du riz, du blé, de la canne à sucre, du tabac, etc., se trouveraient irrémédiablement privées d'eau et vouées à la stérilité. Or, il n'est pas exagéré de dire que le delta Tchad-Logone-Chari est aussi fertile, sinon plus, que la vallée du Nil en amont de Khartoum, ou que la vallée du Niger entre Bamako et Tombouctou. Sa distance à la mer n'étant guère supérieure à un millier de kilomètres, nous avons le devoir de chercher à préserver cette région de la catastrophe qui la menace, et pour cela, de déterminer quelles doivent être les mesures de protection à prendre.

L'envoi sur place d'une mission technique serait désirable, afin d'établir une carte précise de la zone où menace de s'opérer la décapitation du Logone; des nivellements de précision, des mesures de débits des rivières intéressées ainsi que des canaux naturels ou artificiels qui les relient, des profils de leurs lits et des seuils qui les séparent, une étude géologique méthodique de la région, permettraient d'établir des projets de défense efficaces.

Dès maintenant, il semble que l'on pourrait utilement envisager les suivants :

1° Colmatage du canal de Ham à Pogo, aux points les plus favorables;

2° Rétablissement de l'ancien débouché de la Kabbia dans le Logone par le creusement d'un chenal d'une dizaine de kilomètres de longueur, reliant le lac de Fianga aux mares qui s'échelonnent jusqu'à Diokoïdi;

3° Relèvement du plan d'eau du Toubouri par un barrage construit près de Mbourao, au sommet des premiers rapides marquant la rupture de pente qui aboutit aux chutes Gauthiot.

M. **Andoyer** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du Tome II de mon *Cours de Mécanique céleste*. Cet ouvrage, maintenant complet, est destiné surtout à l'éducation des astronomes : fidèle à une pensée constante, je me suis contenté d'étudier les problèmes *réels* de la Mécanique céleste, attachant toujours autant d'importance à leur solution numérique qu'à leur solution purement théorique.

J'ai donné en particulier un grand développement à la théorie du mouvement de la Lune, traitant avec tous les détails nécessaires l'étude des inégalités secondaires aussi bien que celle des inégalités solaires, et met-

tant ainsi le lecteur en possession d'un résultat concret : occasion trop rare dans l'étude générale de la Mécanique céleste pour ne pas s'empresser de la saisir !

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 45 suffrages, M. C. **Matignon** est désigné pour représenter l'Académie à la Commission supérieure des Inventions en remplacement de M. *A. Haller*, décédé.

NOMINATIONS.

MM. **P. Termier**, **Ch. Depéret**, **E. Haug** sont délégués pour représenter l'Académie au *Congrès géologique international de Madrid*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E.-A. Martel. *Millau, capitale des causses, cañons et cavernes. Itinéraire descriptif et rationnel du pays des gorges du Tarn.*

2° Observatoire Jarry-Desloges, Sétif. *Observations des surfaces planétaires.* Fascicule VII. Années 1919 et 1920. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

3° *Guide pour l'observation des tremblements de terre*, par M. E. Rothé. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

4° *Publications du Bureau central séismologique international.* Série B : *Monographies.* Fascicule n° 2. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

5° N. N. Saltykow. *Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue.*

M. **Jules Lemoine** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1925.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'habillage des surfaces, et sur les transports des directions le long d'une courbe.* Note [1] de M. **Enea Bortolotti**, présentée par M. Paul Appell.

La proposition que vient de donner M. A. Myller dans la Note : *Sur l'habillage des surfaces* [2] se rapporte au théorème que j'avais déjà publié dans le *Bolletino dell' Unione Matematica Italiana*, 4, 1925, p. 164 [3].

La forme que j'ai donnée à l'énoncé de mon théorème me paraît plus suggestive et même plus complète, parce qu'elle donne, sous une forme très simple et intrinsèque, la signification géométrique des arbitraires dont dépend le réseau de lignes le plus général sur une surface. Je vais indiquer ici l'énoncé de ma proposition et, en même temps, aussi quelques résultats que j'ai obtenus par la même méthode, dans un autre champ d'études : celui des transports parallèles des directions le long d'une ligne.

J'utilise la notion de première *courbure associée* $\frac{1}{\rho}$, en V_n, à une série Σ_ξ de directions (ξ) sortant des points d'une ligne Γ en V_n (Bianchi), qui peut s'introduire de la façon suivante : Soit ξ (P) le vecteur unitaire qu'individue la direction de Σ_ξ qui sort du point P de Γ : soient δ le symbole de la différentiation covariante (ordinaire) en V_n, δs l'élément linéaire de Γ; on a

$$\frac{1}{\rho} = \operatorname{mod}\left(\frac{\delta\xi}{\delta s}\right). \tag{1}$$

Le vecteur unitaire

$$\eta = \operatorname{vers}\left(\frac{\delta\xi}{\delta s}\right) \tag{2}$$

est la première *direction associée* à Σ_ξ en V_n.

Cela posé, on a le théorème suivant (*loc. cit.*) :

Toute surface τ (ou mieux : toute portion, suffisamment restreinte, d'une surface quelconque) peut s'habiller, d'une infinité de manières, par un réseau de lignes α, β, de sorte que, le long de ces lignes, les courbures $\frac{1}{R_{12}}$, $\frac{1}{R_{21}}$ associées, en τ, aux directions des lignes d'un système sortant des points des lignes de l'autre, soient des fonctions, données arbitrairement, du point de la

---

[1] Séance du 19 avril 1926.

[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 253.

[3] Dans la Note : *Su alcune questioni di geometria delle superficie* (*Ibid.*, 4, 1925, p. 162-166 et 193-195).

surface. Un de ces réseaux est déterminé lorsqu'on donne deux de ses lignes, s'entrecoupant en un point de la surface.

Le théorème comprend celui de Tchebycheff et aussi celui bien connu de Darboux, sur les lignes asymptotiques virtuelles.

Observons maintenant que l'équation

$$\frac{\delta\xi}{\delta s} = \frac{\eta}{\rho}, \tag{3}$$

où le vecteur η et le scalaire $\frac{1}{\rho}$ sont des fonctions données du point P variable sur une ligne Γ de V_n, et, en général, aussi de la direction de Γ en ce point ([1]) — c'est-à-dire du vecteur unitaire $\lambda = \frac{\delta P}{\delta s}$ — et du vecteur inconnu ξ, peut nous servir pour caractériser, en V_n, toute espèce de transports des directions le long d'une courbe, en relation avec celle (de M. Levi-Civitá) qui a servi pour introduire la différentiation δ en V_n. Par ce moyen j'ai pu caractériser le parallélisme de M. Clifford et celui de Lobatschefsky dans S_3 (V_3 à courbure constante), en relation avec celui de M. Levi-Civitá, de la façon suivante :

Soit K la courbure de S_3 : l'équation

$$\frac{\delta\xi}{\delta s} = \pm\sqrt{K}\lambda\Lambda\xi \tag{4}$$

donne le transport infinitésimal de M. Clifford, l'équation

$$\frac{\delta\xi}{\delta s} = \pm\sqrt{-K}\,\frac{(\xi\Lambda\lambda)\Lambda\xi}{|\xi|} = \pm\sqrt{-K}\,\frac{\lambda.\xi^2 - \xi\times\lambda.\xi}{|\xi|} \tag{5}$$

donne celui de Lobatschefsky.

On a donc : $\frac{1}{\rho} = \sqrt{K}\sin\widehat{\lambda\xi}$ dans le premier cas, $\frac{1}{\rho} = \sqrt{-K}\sin\widehat{\lambda\xi}$ dans le second : la direction (η) est la normale à l'orientation $(\lambda \cap \xi)$ dans le premier cas, la normale à (ξ) qui gît dans $(\lambda \cap \xi)$, dans le second. Le double signe sert à distinguer les *deux espèces* de parallélisme de M. Clifford [formule (4)], où de Lobatschefsky [formule (5)].

([1]) Ou même des éléments d'ordre supérieur de la courbe Γ en P : on a ainsi le transport, tout à fait général, des vecteurs le long d'une courbe en V_n, qu'a envisagé M. Dienes (sous une forme scalaire) dans la Note : *Sur les différentielles secondes et la dérivation des tenseurs* (*Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 5e série, vol. 33, 1er semestre, 1924, p. 265-269).

Dans une V_3 *quelconque*, les mêmes équations (4), (5), où l'on pose, au lieu de K, la courbure riemannienne $K_{\lambda\xi}$ de V_3 dans l'orientation $(\lambda \cap \xi)$, donnent des transports des directions en V_3, qui se réduisent à ceux de M. Clifford et Lobatschefsky si la courbure de la V_3 est constante, et qui, dans ce cas seulement, donnent lieu à une direction parallèle qui ne dépend pas de la ligne de transport [1].

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces à courbure négative.* Note de M. **André Weil**, présentée par M. Hadamard.

M. Carleman [2] a démontré qu'entre l'aire S et le contour L d'une surface minima subsiste toujours l'inégalité $S \leqq \frac{L^2}{4\pi}$. Je veux montrer qu'il en est de même pour une variété simplement connexe, à courbure partout négative ou nulle. Une variété est déterminée lorsqu'on l'a définie au sens de l'*Analysis situs* et qu'on a défini sur elle un ds^2.

Supposons remplies les conditions de régularité nécessaires pour que la variété soit conformément représentable sur une aire plane C, de contour analytique γ. En prenant pour coordonnées d'un point sur la variété les coordonnées du point correspondant de C, le ds^2 prendra la forme

$$ds^2 = e^{-2\varphi}(du^2 + dv^2)$$

et la courbure sera $e^{2\varphi}\Delta\varphi$; on aura donc $\Delta\varphi \leqq 0$ dans C.

L'aire et le contour de la variété seront respectivement

$$S = \int_C e^{-2\varphi}\, du\, dv,$$

$$L = \int_\gamma e^{-\varphi}\sqrt{du^2 + dv^2}.$$

Soit alors φ_0 la fonction harmonique de u, v, qui coïncide avec φ sur γ. On aura

$$\varphi - \varphi_0 = 0 \quad \text{sur } \gamma, \qquad \Delta(\varphi - \varphi_0) \leqq 0 \quad \text{dans C}, \qquad \text{donc } \varphi \geqq \varphi_0.$$

Soit encore ψ_0 la fonction harmonique conjuguée de φ_0 : posons

$$u + iv = z, \qquad \varphi_0 + i\psi_0 = f(z),$$

---

[1] J'ai étudié ces derniers transports dans le Mémoire *Parallelismo assoluto e vincolato negli* S_3 *a curvatura costante ed estensione alle* V_3 *qualunque* (*Atti R. Istituto Veneto*, 84, Venezia, 1924-1925, p. II, p. 821-858).

[2] *Math. Zeitschrift*, 9, 1921, p. 154.

et

$$\xi = \int_0^z e^{-f(z)}\, dz.$$

Lorsque z décrit l'aire C, ξ décrit dans son plan une aire C_0 simplement connexe, qui pourra se recouvrir elle-même, mais qui n'aura pas de point de ramification. L'aire Σ de C_0 sera égale à

$$\Sigma = \int_C e^{-2\varphi_0}\, du\, dv$$

et la longueur de son contour γ_0 à

$$\Lambda = \int_\gamma e^{-\varphi_0} \sqrt{du^2 + dv^2}:$$

et l'on aura

$$S \leqq \Sigma, \qquad L = \Lambda.$$

Supposons, pour fixer les idées, que C_0 ait au plus trois feuillets superposés. Son contour γ_0 partage le plan des ξ en un certain nombre de régions : soient A, B, ... celles d'entre elles que C_0 recouvre trois fois. Retranchons de γ_0 les contours de A, B, ... : il reste un ensemble γ_1 de lignes qui partage le plan en régions : soient A', B', ... celles que C_0 recouvre au moins deux fois. Retranchons de même de γ_1 les contours de A', B', ... : il restera un ensemble γ_2 de lignes qui borne la région A'' du plan que C_0 recouvre au moins une fois.

L'aire Σ de C_0 est alors la somme des aires σ, σ', σ'', ... des régions A, B, ..., A', B', ..., A'', et Λ est la somme des longueurs λ, λ', λ'', ... des contours de A, B, ... Mais A, B, ... sont des aires planes ordinaires, et l'on a les inégalités

$$\sigma \leqq \frac{\lambda^2}{4\pi}, \qquad \sigma' \leqq \frac{\lambda'^2}{4\pi}, \qquad \sigma'' \leqq \frac{\lambda''^2}{4\pi}, \qquad \ldots,$$

d'où, *a fortiori*,

$$\sum \leqq \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

et, par conséquent,

$$S \leqq \frac{L^2}{4\pi},$$

ce qui est l'inégalité cherchée. De plus, l'égalité ne peut être vérifiée que dans le cas suivant : 1° $\varphi = \varphi_0$, donc la variété initiale est identique à C_0; 2° $\Lambda^2 = \lambda^2 + \lambda'^2 + \ldots$, donc tous les λ sont nuls sauf l'un d'entre eux, et C_0

est une aire simple; 3° pour cette aire, $\sum = \frac{A^2}{4\pi} : C_0$ et, par conséquent, la variété initiale doivent se réduire à un cercle plan.

L'inégalité trouvée cesse d'être vraie dans le cas de la variété à connexion quelconque. La question se pose, comme l'indiquait M. Hadamard, de savoir si elle ne subsisterait pas pour une *surface* de l'espace ordinaire, à courbure partout négative ou nulle et à connexion quelconque.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une nouvelle classe de congruences.* Note de M. TZITZÉICA, présentée par M. Goursat.

1. Il y a, pour les congruences et les transformations de M. Goursat, un théorème de permutabilité, analogue à celui donné par M. Bianchi pour la transformation de Moutard, à savoir :

Si deux congruences de M. Goursat (x', y') et (x'', y'') sont des transformées d'une même congruence de même espèce (x, y), elles le sont d'une infinité.

Soit

$$(1) \qquad x_v = a y, \qquad y_u = a x,$$

le système qui correspond à la congruence (x, y); ξ', η' et ξ'', η'' les solutions qui conduisent aux congruences transformées (x', y'), (x'', y'').

On a

$$x' = x - \frac{\xi'}{\rho'} z', \qquad y' = y - \frac{\eta'}{\rho'} z';$$

$$x'' = x - \frac{\xi''}{\rho''} z'', \qquad y'' = y - \frac{\eta''}{\rho''} z'',$$

où

$$z'_u = \xi' x, \qquad z'_v = \eta' y; \qquad z''_u = \xi'' x, \qquad z''_v = \eta'' y;$$

et

$$\rho'_u = \xi'^2, \qquad \rho'_v = \eta'^2; \qquad \rho''_u = \xi''^2, \qquad \rho''_v = \eta''^2.$$

Si l'on pose alors

$$\bar{x} = \frac{1}{\rho'\rho'' - \sigma^2} \begin{vmatrix} x & z' & z'' \\ \xi' & \rho' & \sigma \\ \xi'' & \sigma & \rho'' \end{vmatrix}, \qquad \bar{y} = \frac{1}{\rho'\rho'' - \sigma^2} \begin{vmatrix} y & z' & z'' \\ \eta' & \rho' & \sigma \\ \eta'' & \sigma & \rho'' \end{vmatrix},$$

σ étant définie, à une constante additive près, par

$$\sigma_u = \xi'\xi'', \qquad \sigma_v = \eta'\eta'',$$

les ∞^1 congruences $(\bar{x}, \bar{y})$ sont des congruences de M. Goursat et admettent (x', y') et (x'', y'') comme transformées. D'ailleurs la congruence initiale (x, y) est la limite de $(\bar{x}, \bar{y})$ lorsque la constante additive tend vers l'infini.

2. Nous avons indiqué, dans une communication antérieure, le cas remarquable des congruences de M. Goursat qui sont en même temps quadratiques et nous avons montré qu'on peut en déduire une succession, en général indéfinie, de congruences de M. Goursat, mais ces congruences ne sont pas en général quadratiques.

J'ai réussi à démontrer que l'on peut choisir la solution ξ, η, de manière que la congruence transformée soit, comme la congruence initiale, quadratique. Le procédé que j'ai employé et qui serait trop long à exposer ici est, en principe, le même que celui que j'ai employé dans la transformation des réseaux quadratiques et à invariants égaux, qui généralise la transformation de Darboux des surfaces isothermiques ([1]).

Dans le problème actuel, pour $n = 6$, on obtient la transformation de M. Fubini pour les surfaces qu'il a appelées isothermes asymptotiques ([2]).

Enfin il y a ici aussi un théorème de permutabilité, dans un espace quelconque.

3. Parmi les congruences de M. Goursat il y a une classe particulière dont la congruence voisine dans la suite de Laplace, dans un sens ou dans l'autre, est aussi une congruence de M. Goursat. Il est facile de voir que, dans ce cas, toutes les congruences de la suite de Laplace sont des congruences de M. Goursat.

On peut obtenir une congruence initiale de la suite, en supposant que dans le système (1) on a

$$\frac{\partial^2 \log a}{\partial u \, \partial v} = a^2 - \frac{1}{a^2}, \tag{2}$$

c'est l'équation bien connue qui intervient dans la théorie des surfaces à courbure totale constante. On peut choisir la solution ξ, η de (1), de manière que la congruence transformée (x', y') jouisse de la même propriété que la congruence (x, y). Il faudra à cet effet que

$$a' = a - \frac{\xi \eta}{\rho}, \tag{3}$$

où $\rho_u = \xi^2$, $\rho_v = \eta^2$, satisfasse à (2).

([1]) Voir ma *Géom. diff. proj. des réseaux*, p. 106.

([2]) Voir Fubini et Cech, *Geometria proiettiva differenziale*, p. 282.

Pour cela il est nécessaire et suffisant que ξ, η soit une solution du système complètement intégrable

$$(4) \quad \begin{cases} \xi_v = a\eta, & \eta_u = a\xi, \\ a\xi_u - a_u\xi = m\eta, & a\eta_v - a_v\eta = \frac{1}{m}\xi, \quad m = \text{const.}. \end{cases}$$

Le fait que, à l'aide d'une solution de ce système on puisse déduire, par la formule (3), de toute solution de (2) une nouvelle solution de la même équation, n'est pas dépourvu d'intérêt.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les surfaces dont le réseau de déformation projective est un réseau conjugué de Kœnigs.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. Darboux a montré [1] que l'on peut déduire d'un système conjugué tracé sur une surface (Σ) une suite en général illimitée de systèmes conjugués tracés sur d'autres surfaces. Ce géomètre a cherché notamment dans quels cas la suite des surfaces (Σ_i) est limitée.

M. Cartan a remarqué [2] que si la surface (Σ) admet une déformation projective du second ordre, toutes les surfaces déduites à partir du réseau conjugué de déformation projective de la surface (Σ) sont déformables, tandis que toutes les congruences qui ont pour nappes focales deux surfaces consécutives de la suite admettent une déformation projective singulière d'ordre 2.

Je vais énoncer quelques résultats que j'ai obtenus sur les *suites limitées* fournies par certaines surfaces *déformables*.

II. Considérons la suite des surfaces engendrées à partir d'une surface non développable mais déformable projectivement. On peut montrer qu'une telle suite ne peut s'arrêter que sur une droite. Il en résulte que les suites limitées de surfaces non développables mais projectivement déformables se terminent à une surface pour laquelle le réseau de déformation projective est un réseau de Kœnigs.

---

(1) Darboux, *Leçons sur la Théorie générale des Surfaces* (Gauthier-Villars), **2**, 1889, p. 16.

(2) E. Cartan, *C. R. du Congrès international* tenu à Strasbourg en 1920, p. 397-406.

Les surfaces qui terminent des suites sont celles pour lesquelles il existe un réseau conjugué de Kœnigs, de paramètres α et β, tel que les équations différentielles des asymptotiques de ces surfaces sont de la forme

$$A(\alpha)\,d\alpha^2 + B(\beta)\,d\beta^2 = 0.$$

Cette propriété n'est d'ailleurs qu'une extension, à un cas de dégénérescence, d'un théorème général fourni par M. Cartan.

III. La recherche des surfaces (Σ) capables de terminer les suites revient à celle des congruences qui admettent pour nappes focales une surface (Σ) et une droite s et qui peuvent subir une déformation singulière.

Je me suis déjà occupé de cette dernière recherche ([1]). J'ai trouvé notamment que les congruences considérées dépendent de quatre fonctions arbitraires d'un argument et sont toutes applicables les unes sur les autres.

IV. Cherchons maintenant les surfaces déformables pour lesquelles la suite se réduit à une seule surface. Il faut pour cela que les tangentes à l'une et à l'autre de deux familles de lignes qui constituent le réseau de déformation rencontrent l'une ou l'autre de deux droites fixes s_1 et s_2. On peut dire que le réseau de déformation est un « réseau double de Kœnigs ».

Les surfaces qui admettent un réseau double de Kœnigs à droites s_1 et s_2 non concourantes ont pour équations homogènes paramétriques ponctuelles

$$x = \alpha, \qquad y = \beta, \qquad z = f(\alpha), \qquad t = \varphi(\beta).$$

Les surfaces qui admettent un réseau double de Kœnigs à droites s_1 et s_2 concourantes ont pour équations

$$x = \alpha, \qquad y = \beta, \qquad z = f(\alpha) + \varphi(\beta), \qquad t = 1.$$

On vérifie aisément que les équations des lignes asymptotiques de toutes ces surfaces ont la forme voulue pour que les surfaces soient déformables.

Nous obtenons donc ainsi, sans signe d'intégration, deux familles dépendant chacune de deux fonctions arbitraires d'un argument et formées de surfaces déformables projectivement. D'ailleurs les congruences engendrées par les tangentes à l'une des familles de lignes des réseaux doubles sont toutes applicables les unes sur les autres.

Il convient de remarquer que les coordonnées tangentielles et ponctuelles des surfaces trouvées satisfont (avec un choix convenable des facteurs de proportionnalité) à la même équation de Laplace $\frac{\partial^2 \theta}{\partial\alpha\,\partial\beta} = 0$. Cela résulte d'ailleurs, pour les coordonnées

---

([1]) P. Mentré, *Comptes rendus du Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences tenu à Grenoble en* 1925 (non paru).

tangentielles de ce fait que les courbes d'un réseau double de Kœnigs sont planes [1]. Cela résulte, pour les coordonnées ponctuelles de ce fait que les courbes d'un réseau double de Kœnigs sont des lignes de contact de cônes circonscrits.

V. Les seules surfaces réglées qui admettent au moins un réseau double de Kœnigs sont : 1° les quadriques, qui ont une infinité de réseaux doubles; 2° les surfaces d'équations $\frac{z}{t} = \left(\frac{y}{x}\right)^n$ avec deux réseaux doubles; 3° la surface d'équation $\frac{z}{t} = \log\frac{y}{x}$ avec un seul réseau double.

Ces surfaces sont des conoïdes, ce qui était à prévoir car les surfaces réglées non conoïdes ont pour réseau de déformation l'ensemble des droites génératrices comptées deux fois [2].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une expression de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.* Note [3] de **M. J. Ser**, présentée par M. Appell.

Cette Note a pour but de faire connaître une méthode élémentaire du prolongement analytique de la fonction

$$(1)\qquad \zeta(s) = 1 - \frac{1}{2^s} - \frac{1}{3^s} + \ldots.$$

Si l'on pose

$$(2)\qquad \begin{cases} (1+x)^{-s} = 1 - S_1 x - S_2\dfrac{x(1-x)}{2!} - S_3\dfrac{x(1-x)(2-x)}{3!} - \ldots, \\ S_n = 1 - C_n^1 2^{-s} + C_n^2 3^{-s} - \ldots + (-1)^n n^{-s}, \end{cases}$$

on trouve facilement

$$(3)\qquad \begin{aligned} \zeta(s) = {} & (1+x)^{-s} + (2+x)^{-s} + \ldots \\ & + x + S_1\frac{x(1-x)}{2!} + S_2\frac{x(1-x((2-x)}{3!} + \ldots. \end{aligned}$$

En intégrant, par rapport à x, de 0 à 1 et en posant

$$p_{n+1} = \int_0^1 \frac{x(1-x)\ldots(n-1-x)}{n!}\,dx,$$

[1] Cf. Darboux, *Leçons sur la Théorie générale des Surfaces* (Gauthier-Villars), 1, 1889, p. 123.

[2] P. Mentré, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 495.

[3] Séance du 26 avril 1926.

on obtient la formule cherchée

$$\zeta(s) = \frac{1}{s-1} + p_2 + S_1 p_3 + S_2 p_4 + \dots \tag{4}$$

Elle correspond à un groupement des termes de (1) dont la convergence n'est pas bornée au cas où $s - 1$ est positif. D'autre part, comme les fonctions S s'annulent à partir d'un certain rang pour s entier et négatif, la forme (4) met en évidence les propriétés suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} &\zeta(0) = -\frac{1}{2}, \qquad \zeta(-2n) = 0, \\ &\zeta(-2n+1) = -\frac{1}{2n} + p_2 + p_3 S_1 + \dots + p_{2n+1} S_{2n-1} = (-1)^n \frac{B_n}{2n}. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

On vérifie aussi

$$\lim_{s=1}\left(\zeta - \frac{1}{s-1}\right) = p_2 + \frac{p_3}{2} + \dots = C.$$

D'autre part, si l'on se reporte au développement

$$\begin{aligned} \log\Gamma(x+1) = {} & \frac{x(1-x)}{2!}\log\frac{1}{2} + \frac{x(1-x)(2-x)}{3!}\log\frac{1.3}{2^2} \\ & + \frac{x(1-x)(2-x)(3-x)}{4!}\log\frac{1.3^3}{2^3.4} + \dots, \end{aligned} \tag{6}$$

on constate que le coefficient de s dans le second membre de (4) a pour valeur

$$\int_0^1 \log\Gamma(x+1)\,dx,$$

et, par suite,

$$\zeta'(0) = -\log\sqrt{2\pi}.$$

Je ferai remarquer, en terminant, que l'on peut donner d'autres formes au prolongement analytique défini par l'équation (4). On peut écrire, par exemple,

$$(s-1)\zeta(s) = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}S_1 + \frac{1}{4}S_2 + \dots. \tag{7}$$

On déduit de cette équation la valeur des nombres de Bernoulli :

$$(-1)^{n-1}B_n = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}S_1(-2n+1) + \dots + \frac{1}{2n+1}S_{2n+1}(-2n+1), \tag{8}$$

et une expression de e^{-C} sous forme de produit infini :

$$e^{-C} = \lim\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{1.3}{2^2}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{1.3^3}{2^3.4}\right)^{\frac{1}{4}}\dots. \tag{9}$$

On peut étendre ces résultats à la fonction

$$Z(x, s) = (1+x)^{-s} + (2+x)^{-s} + \ldots,$$

au moyen de la formule (3) ou pour $x < 1$ de la formule

$$(10) \qquad Z(x, s) = \zeta(s) - xs\,\zeta(s+1) + x^2\frac{s(s+1)}{2!}\zeta(s+2) - \ldots.$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Constatation énergétique du paradoxe de d'Alembert dans les liquides visqueux.* Note [1] de M. **B. Finzi**, présentée par M. G. Kœnigs.

Un solide, limité par une surface σ, est animé d'une translation de vitesse constante c dans un liquide visqueux indéfini. Supposons la vitesse w du fluide nulle à l'infini d'ordre suffisamment grand; pour préciser si r est la distance entre un point O et un point $P \to \infty$, soit

$$(1) \qquad \lim_{P-\infty} r^2 \frac{dw}{dP} = 0.$$

Il faut observer que la condition (1) est vérifiée dans la déduction du paradoxe classique de d'Alembert pour les liquides parfaits.

Si le mouvement est permanent par rapport au solide, M. U. Cisotti démontra, dans ces hypothèses, que la résultante des efforts que le liquide exerce sur le solide est nulle [2]. Le paradoxe de d'Alembert continue donc à subsister lorsqu'on définit liquide visqueux un milieu continu dont les équations de mouvement sont celles de Navier et de Poisson.

Je montrerai à présent que (dans les hypothèses spécifiées) la dissipation d'énergie dans le liquide est nulle. Par suite, même du point de vue énergétique, les équations de Navier et de Poisson ne caractérisent pas, dans ce cas, avec les hypothèses faites, le mouvement d'un liquide visqueux naturel [3].

Soit φ_n l'effort que le liquide exerce sur un élément de surface, admettant pour normale n. Soit 2ψ la fonction de dissipation de Lord Rayleigh.

---

(1) Séance du 19 avril 1926.

(2) U. Cisotti, *Sulle azioni dinamiche di masse fluide continue* (*Rendiconti Ist. Lombardo*, 50, fasc. 12-13, 1917, p. 502).

(3) Cf. P. Duhem, *Recherches sur l'Hydrodynamique*, 2e série, Paris 1904, p. 131.

La dissipation d'énergie 2Γ aura la forme suivante :

$$2\Gamma = \int_\sigma \varphi_n \times (c - w)\, d\sigma + 2\psi \quad (^1) \tag{2}$$

2Γ est identique à 2ψ lorsque $c - w = 0$, c'est-à-dire lorsque le liquide adhère complètement aux parois du solide.

Soient T l'énergie cinétique, t le temps. Pour un liquide, en absence de forces extérieures, on aura

$$\frac{dT}{dt} = \int_\sigma \varphi_n \times w\, d\sigma - 2\psi \quad (^2).$$

Par déduction on obtient

$$2\Gamma = \int_\sigma \varphi_n \times c\, d\sigma - \frac{dT}{dt}. \tag{3}$$

Soit v la vitesse relative du liquide par rapport au solide, de sorte que $w = v + c$. Si ρ est la densité constante du liquide, occupant un volume τ de surface σ, on aura

$$2\frac{dT}{dt} = \rho \int_\tau \frac{dv^2}{dt}\, d\tau + 2\rho c \times \int_\tau \frac{dv}{dt}\, d\tau.$$

Soit β l'homographie des efforts; de sorte que (³)

$$\rho \frac{dv}{dt} = -\operatorname{grad} \beta.$$

Décrivant de zéro comme centre, une sphère Σ avec rayon $r \to \infty$, on aura

$$\rho \int_\tau \frac{dv}{dt}\, d\tau = \int_\sigma \beta n\, d\sigma + \int_\Sigma \beta n\, d\Sigma. \tag{4}$$

Mais remarquons que, si p est la pression spécifique unitaire dans le cas où le fluide serait parfait; si ν est le coefficient de viscosité, on a

$$\beta = p - 2\nu \frac{dv}{dP} + \nu \operatorname{rot} v \wedge.$$

(¹) B. FINZI, *Sulla funzione di dissipazione di Lord Rayleigh* (*Rend. Accademia dei Lincei*, 6ᵉ série, **1**, 1925, p. 215).

(²) C. BURALI-FORTI et R. MARCOLONGO (*Analyse vectorielle générale*, **2**, Pavie, 1913, p. 64).

(³) Sur la théorie des homographies, voir BURALI-FORTI et MARCOLONGO, *loc. cit.*

Dans les hypothèses faites, en vertu de la condition (1), des équations (4) et (3), on aura

(5) $$2\Gamma = -\frac{\rho}{2}\int_{\tau}\frac{dv^2}{dt}\,d\tau$$ [1].

Si le mouvement par rapport au solide est permanent, on a

$$\frac{dv^2}{dt} = \operatorname{grad} v^2 \times v.$$

Par suite, en se rappelant que

$$\int_{\Sigma} n\,d\Sigma = 0,$$

on a

(6) $$2\Gamma = \frac{\rho}{2}\left\{\int_{\sigma} v^2 n \times v\,d\sigma + \int_{\tau} I_1\left(v^2\frac{dv}{dP}\right)d\tau\right\}$$ [2].

Dans la (6), I_1 est le premier invariant d'homographie. Mais σ est une surface de courant, de sorte que $n \times v = 0$, De plus

$$I_1\left(v^2\frac{dv}{dP}\right) = v^2 \operatorname{div} v = 0.$$

Par déduction

(7) $$2\Gamma = 0.$$ C. Q. F. D.

AVIATION. — *Avion à voilure tournante.* Note [3] de M. R. **Moineau**, présentée par M. J.-L. Breton.

Comme l'hélicoptère, l'avion à voilure tournante R. Moineau cherche à obtenir l'envol et l'atterrissage vertical. Il est constitué par une ou plusieurs roues à aubes *dont l'axe est dirigé sensiblement suivant la trajectoire*, la sustentation étant obtenue par l'attaque oblique des aubes.

---

(1) La (5) et ses conséquences subsisteront pour tous les milieux continus, si l'homographie β des efforts satisfait la condition $\int_{\Sigma}\beta n\,d\Sigma = 0$.

(2) C. Burali-Forti et R. Marcolongo, *Analyse vectorielle générale*, 1, Pavie, 1913, p. 111.

(3) Séance du 26 février 1926.

Principes. — Les aubes ont un profil d'aile. Tandis que leurs centres de gravité, confondus de près avec leurs centres de poussée, décrivent une circonférence fixe, un autre point de l'aube est relié à un roulement excentrable par rapport à l'axe de roue.

Par une excentration verticale de ce roulement on peut donner de l'incidence à l'aile, en haut et en bas de la roue, tandis qu'elle reste nulle sur les côtés : on a une force verticale de sustentation.

Une excentration latérale donnerait une force horizontale.

En changeant de sens l'excentration verticale, l'incidence change de sens : c'est le cas de l'autorotation, moteur arrêté. La puissance est alors fournie par le poids de l'ensemble qui descend. Le rétablissement de l'incidence permet, à l'atterrissage, d'utiliser la force vive des pièces en rotation (effet de freinage).

Les excentrations peuvent être différentes à l'avant et à l'arrière de la roue, ce qui donne des couples horizontaux ou verticaux et réalise, sauf à tenir compte de l'effet gyrostatique, la commande en direction et en profondeur.

Ces excentrations sont commandées par le pilote qui obtient ainsi des forces verticales ou horizontales plus ou moins grandes et qui peuvent différer entre l'avant et l'arrière.

Réalisation. — Deux machines expérimentales ont été réalisées :

1° Une grande comporte une roue de 6^{m} de diamètre $\times$ $6^{m},60$ de long composée de 3 ailes de $6^{m},60 \times 1^{m},20$ à profil symétrique R. A. 18 enroulé sur le cylindre. La surface de la roue en projection horizontale est de 40^{m^2}. Le moteur (Clerget 130 HP) entraîne la roue par câble métallique. Le tout pesant 900^{kg} fut fixé à demeure sur une balance et muni d'un dynamomètre de puissance.

2° Une maquette au $\frac{1}{10}$ de cette machine, entraînée par un moteur électrique, fut montée dans le tunnel Lelarge à l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr.

Résultats. — Une expérience préliminaire, jamais réalisée à ma connaissance, fut faite au tunnel, sur une aile calée à une incidence α, dont l'envergure d'abord perpendiculaire au courant d'air, fut orientée d'un angle β jusqu'à être dans le lit du vent.

Deux courbes de $\frac{Cz}{Cx}$ en fonction de β furent construites :

	En partant de :	
	$\alpha = 8° =$ angle optimum	$\alpha = 14° >$ angle optimum
β.	$\frac{Cz}{Cx}$.	$\frac{Cz}{Cx}$.
10°.............	18,2	14
20.............	18	14,7
30.............	17	15,3
40.............	16	16
50.............	14	16,1
60.............	10	16
70.............	6	14
80.............	3	9

On voit que ce mode d'utilisation reste convenable au moins jusqu'à 50°, ce qui correspond à une vitesse de translation $V = 1{,}2$ de la vitesse périphérique v ($V = 1{,}2\,v$).

La roue au tunnel fut expérimentée à des incidences de 3° à 34°, des vitesses v, jusqu'à 10 m : s, et V, jusqu'à 20 m : s.

La grande machine fut expérimentée à des incidences de 5° à 20° et des vitesses de 15 à 30 m : s.

Au point fixe la meilleure finesse trouvée $\frac{\text{portance}}{\text{traînée}} = 2{,}25$ pour la grande roue et 1,6 pour la maquette. La différence est due à ce que la traînée sur le petit modèle est 1,55 celle du grand.

Ces chiffres correspondent à une qualité sustentatrice $Kf = 0{,}38$ pour la grande roue et 0,30 pour la maquette.

Kf étant défini par la formule

$$P = Kf\sqrt[3]{T^2 S},$$

où $P =$ poids de la machine, $T =$ puissance en kg : m : s, $S =$ projection horizontale de la surface.

En translation la finesse varie de 3,2 à 1,5 pour des valeurs de $\frac{v}{V}$ allant de 2,2 à 0,3. La finesse 3 correspond à $\frac{v}{V} = 1$. On ne peut affirmer que cette finesse serait améliorée, pour le grand modèle, dans la même proportion qu'au point fixe, mais elle le sera certainement.

De plus, des essais ont montré que l'autorotation existe, qu'elle a un régime stable et est susceptible de sustentation.

Conclusions. — La roue expérimentée est la première de ce genre et est

probablement susceptible d'amélioration. Dès maintenant elle a montré une qualité sustentatrice voisine de l'hélicoptère et une finesse, en translation, meilleure.

D'autre part le système de commande par excentrations avant et arrière permet la sustentation quelle que soit la puissance, et la stabilité, par la possibilité d'avoir instantanément, sur l'axe, des efforts verticaux ou horizontaux, soit de même sens, soit de sens différent à l'avant et à l'arrière (profondeur et direction).

L'autorotation permet de régler la vitesse de descente et, la répartition des masses à la périphérie permet de freiner cette vitesse efficacement.

De plus, la roue à aubes est susceptible d'agrandissement, notamment en longueur et la disposition de l'axe, parallèlement au fuselage, facilite cette réalisation.

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de production de l'hérapathite.* Note de M. **A. Zimmern**, présentée par M. A. Cotton.

On sait qu'indépendamment des cristaux naturels, comme le spath et la tourmaline, il existe certains cristaux organiques complexes qui peuvent servir aussi à polariser la lumière. Il en est ainsi du sulfate d'iodoquinine, sel découvert par Herapath [1] et dénommé hérapathite, qu'on peut obtenir en mélangeant à chaud une solution alcoolique d'iode avec une solution acéto-alcoolique de sulfate neutre de quinine.

Après refroidissement apparaissent à la surface du liquide de fines lamelles cristallines rectangulaires, qui présentent sous une faible épaisseur un dichroïsme remarquable. Toutefois leurs dimensions ne dépassent guère en général 2 à 3^{mm} de côté, ce qui les rend inutilisables pour des usages optiques. Sans doute a-t-on pu obtenir quelques échantillons plus étendus et voisins du centimètre carré (Herapath, de la Baume-Pluvinel, Duffieux, etc.), mais ils n'ont pu être réalisés que très rarement, au prix des plus grandes difficultés techniques et en mettant soigneusement la solution à l'abri de tout ébranlement.

Pendant la guerre, une jumelle destinée à l'observation des sous-marins a pu être ainsi équipée avec un petit cristal d'hérapathite (Bénard).

Un procédé différent de celui d'Herapath m'a permis d'obtenir sans peine

---

(1) *Philos. Mag.*, 3, 1852, p. 161, et 4, 1853, p. 346.

et plus rapidement des lamelles cristallines un peu plus grandes, parfois même de véritables nappes. Le procédé consiste à faire agir l'iode sur la solution quinique non plus sous forme de teinture d'iode, mais sous forme de *vapeur* d'iode, et cela dans des conditions bien définies de température.

En provoquant cette réaction dans une cuvette horizontale, on voit les cristaux d'Herapath prendre naissance sur les bords de la cuvette, au niveau de l'angle de raccordement, et se développer à la surface du liquide sous forme de triangles ou de trapèzes *à base centrale*, confirmant par leur mode d'accroissement les observations faites par Devaux sur la croissance des cristaux à la surface des liquides.

Dans certains cas, j'ai pu (avec la collaboration de M. Courtines), obtenir par cette méthode des surfaces cristallines assez homogènes et uniformément orientées sur des étendues de 2 ou 3^{cm} et même davantage. Mais comme il est à peu près impossible d'empêcher la prise simultanée sur plusieurs points de la périphérie de la cuvette, celle-ci se recouvre le plus souvent de lames triangulaires ou en bande d'orientation optique très différente.

Il semble que, pour préparer des cristaux de semblables dimensions, il soit nécessaire d'ajouter à la solution une petite quantité ($0,5^{mg}$: cm^3 de solution environ) d'une substance cristallisant en aiguilles fines, caféine par exemple ou mieux encore hydroquinone. Le rôle de cette substance ajoutée à la solution mère est encore indéterminé; il est possible qu'elle agisse simplement comme amorce à la cristallisation.

Les lames ainsi réalisées présentent par réflexion la teinte cantharide bien connue. Très transparentes, elles donnent aux objets blancs qu'on observe à travers elles, une légère teinte grise.

En disposant deux lamelles, l'une comme polariseur, l'autre comme analyseur, on observe dans la position d'extinction une coloration tantôt olivâtre, tantôt rouge vif.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Extension du spectre des rayons Röntgen vers l'ultraviolet. Spectre* K *du carbone.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

On sait que le spectre des rayons X, longtemps limité à la longueur d'onde 12,3 Ångströms (Friman), a pu être étendu à 21,7 Å (LαCr) par

Thoraeus et Siegbahn ([1]) au moyen d'un réseau d'acide palmitique orienté, les recherches de M. de Broglie et Friedel ([2]), sur la structure des corps gras, ayant montré l'existence dans ces substances de distances réticulaires de plusieurs dizaines d'Ångströms. Nous avons cherché à étendre ce domaine en mettant en œuvre les idées directrices suivantes :

Méthode. — 1° Le rayonnement ne doit pas être produit au moyen d'une étincelle (méthode de Millikan) ni d'une décharge électronique à haute tension, si l'on veut obtenir de purs spectres de rayons X et éviter ceux, d'allure semi-optique, d'ionisation multiple.

2° L'anticathode est de nature quelconque et l'élément dont on veut étudier le spectre y est déposé sous forme d'un film mince pendant le fonctionnement même de la cathode, par simple évaporation lorsque celle-ci est incandescente, et par pulvérisation cathodique lorsqu'elle est froide (tube à gaz).

3° Le corps organique constituant le réseau doit être déposé sous forme d'une couche aussi mince que possible (10^{-4} cm) sur un support diffusant et réfléchissant peu la lumière. Après de nombreux essais d'orientation sur des lames de graphite et d'ébonite et à la suite d'une étude complète par M. Trillat ([3]) de l'influence du support sur l'orientation, nous avons finalement utilisé une préparation d'acide mélissique sur plomb qui nous a donné de purs spectres du savon avec une distance réticulaire de 87 Ångströms.

4° Les plus grandes difficultés ont été rencontrées pour séparer les rayons X mous de la lumière diffusée par l'anode et réfléchie par le réseau. De nombreux essais effectués il y a un an en évacuant le spectrographe à travers le tube ([4]) et en disposant la plaque derrière une feuille d'aluminium battu, étaient voués à un échec, par suite de l'opacité de celle-ci entre 20 et 136 Å, comme nous l'avons reconnu par la suite en effectuant des mesures d'absorption ([5]). Après avoir vainement essayé des écrans d'or battu et de celluloïd coloré, nous avons réussi a obtenir des écrans satisfaisants en déposant dans un vide élevé un film de magnésium, provenant d'un filament chauffé, par un film de celluloïd de 10^{-5} cm d'épaisseur. Cet écran doit

---

([1]) *Arkiv. Math. och Fysik*, 19, 1924, p. 1-9.

([2]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 738.

([3]) *Thèses*, Paris, 1926.

([4]) Les rayons cathodiques diffusés par l'anode étaient arrêtés par un champ électrique entrenu entre deux électrodes formant fente collimatrice.

([5]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 779.

être disposé devant la plaque. Son format est de 3×8^{cm}. Il ne transmet qu'une faible lumière bleue et 30 pour 100 des rayons K du carbone.

Appareil. — L'appareil se compose d'un petit tube en verre pyrex muni d'une anode de cuivre refroidie par un courant d'eau et évacué par une pompe à condensation. Ce tube est monté, par un rodage scellé à la picéine, sur la tubulure latérale d'un grand dessiccateur de verre contenant le spectrographe. Ces deux récipients ont finalement été séparés par un film de celluloïd étanche collé sur la fente collimatrice et le spectrographe a été évacué par la pompe préliminaire (1 barye). L'entrée de la vapeur de mercure est évitée dans chacun d'eux.

Le spectrographe comporte une plate-forme recevant la préparation qu'un mouvement d'horlogerie fait osciller à la période de 6 heures pour une amplitude de 24°.

Les plaques sont des Schumann de Hilger ou des plaques sensibilisées à l'acide sulfurique selon la méthode de Duclaux et Jeantet. Les plaques huilées ne nous ont pas paru sensibles dans cette région.

Résultats. — Avec une dispersion de 1,19 Å par millimètre et des poses de 3 heures, effectuées sous 3000 volts avec une vingtaine de milliampères, les sept premiers ordres du doublet $M\alpha\beta$ du tungstène sont visibles et servent à étalonner la plaque.

Des écrans longitudinaux de cellophane ($0^{mm},02$) et d'or battu servent à distinguer les ordres et à identifier les raies d'après leur absorption. Avec une cathode de graphite nous avons obtenu une raie intense à 45,3 Å, paraissant simple quoique diffuse et réduite au cinquième par l'or, en accord avec les mesures d'absorption (*loc. cit.*). Cette ligne est $K\alpha_2$ du carbone qui doit constituer l'unique radiation du spectre K de cet élément [2 électrons L_2 (1)]. Le fond continu est faible. Il s'étend jusqu'à 70 Å comme le montrent les clichés que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie.

La question de la nature des rayons X mous (2) s'éclaire ainsi d'un jour nouveau et leur étude spectrographique est dorénavant permise dans un domaine jusqu'alors partiellement exploré par Millikan (depuis l'ultra-violet jusqu'à 120 Å) sous forme de spectres d'étincelle optiques.

---

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 476.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 927.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de petites quantités d'hydrogène dans les mélanges gazeux.* Note de MM. **P. Lebeau** et **P. Marmasse**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans les analyses de mélanges gazeux, un problème délicat consiste dans le dosage de l'hydrogène lorsque ce dernier gaz ne s'y rencontre qu'en faible proportion. C'est ainsi que des doutes ont pu fréquemment s'élever sur la présence ou l'absence d'hydrogène dans certains gaz naturels, en particulier dans le grisou.

Nous avions pensé tout d'abord obtenir des résultats satisfaisants, en abaissant suffisamment la température de l'air liquide, pour solidifier le méthane; les gaz non condensés ou ayant une tension de vapeur suffisante à $-210°$, température que l'on atteint aisément par l'ébullition sous pression réduite de l'air liquide, étaient ensuite éliminés par le vide. En l'absence d'azote, on peut en effet arriver ainsi à un enrichissement en hydrogène qui permet d'effectuer une combustion eudiométrique satisfaisante. Toutefois, dans le cas où l'azote existe dans le mélange en proportion notable, une nouvelle erreur résulte ici de la difficulté de brûler l'hydrogène en présence d'une grande quantité d'azote.

Le procédé auquel nous nous sommes arrêtés est basé sur l'emploi simultané d'un gel de silice et d'une basse température pour la séparation de l'hydrogène ([1]).

En suivant la marche analytique que nous avons décrite antérieurement pour l'analyse d'un mélange gazeux ([2]), il reste finalement un gaz formé par le méthane, l'hydrogène, l'azote et des gaz rares, ainsi que l'oxygène et l'oxyde de carbone, si la séparation de ces derniers n'a pas été faite préalablement.

En faisant passer un tel mélange dans un appareil contenant du gel de silice, préalablement purgé de gaz à 150° dans le vide, refroidi à la température de l'air liquide, soit environ $-190°$, les tensions de l'azote, du méthane, de l'oxyde de carbone, de l'oxygène et de l'argon peuvent être considérées comme sensiblement nulles. Les déterminations que nous avons

---

([1]) Le charbon ne saurait être substitué, dans la circonstance, au gel de silice, en raison des traces d'hydrogène qu'il renferme toujours.

([2]) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 144, 325 et 557; et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 9e série, 8, 1917, p. 221.

faites à l'aide d'une jauge de Mac Leod peuvent être exprimées très approximativement par les nombres suivants :

$$CH^4 < 0^\mu,4; \quad CO < 0^\mu,9; \quad O < 6^\mu; \quad N < 8^\mu,$$

ce qui correspond à un entraînement pour le passage de 1 litre d'hydrogène, de $0^{cm^3},0005$ de méthane, de $0^{cm^3},001$ d'oxyde de carbone, de $0^{cm^3},008$ d'oxygène et de $0^{cm^3},01$ d'azote.

Les gaz qui ne sont pas fixés par le gel de silice dans ces conditions sont l'hydrogène et l'hélium. Nous n'avons fait aucun essai concernant le néon.

L'application de ce procédé à des mélanges de composition connue nous a fourni les résultats suivants :

	Composition du mélange.		Hydrogène trouvé.		Composition du mélange.		Hydrogène trouvé.
I.	Hydrogène	0,29	0,29	II.	Hydrogène	0,67	0,70
	Méthane	47,10			Méthane	46,30	
					Azote	38,40	
III.	Hydrogène	0,41	0,40	IV.	Hydrogène	1,16	1,13
	Méthane	4,40			Méthane	14,60	
	Azote	22,60			Azote	34,44	
	Oxygène	6			Oxygène	9,16	
	Oxyde de carbone	24,80			Oxyde de carbone	3,97	

Dans les mélanges III et IV, il n'a pas été fait de séparation préalable de l'oxygène et de l'oxyde de carbone.

Par l'application de ce procédé de dosage, nous avons pu reconnaître qu'il n'existait pas de traces d'hydrogène dans un gaz de marais provenant d'un étang de Palluel (Pas-de-Calais) et dans deux échantillons de gaz de Péchelbronn, dont les compositions sont données ci-dessous :

	H.	CH^4.	C^2H^6.	C^3H^8.	C^4H^{10}.	CO^2.	O.	N.	Vapeurs condensées à — 80°.
Gaz de Palluel...	//	63,56	//	//	//	3,25	//	33,19	//
Gaz de Péchelbronn (1921) :									
Sondage 457...	//	86,77	//	//	//	0,63	0,11	10,64	1,85
Sondage 2183..	//	23,60	0,80	1,12	1,12	6,18	//	65,64	1,49

Ces gaz ne renferment pas de carbures non saturés.

Le procédé que nous venons de décrire permet d'affirmer l'absence d'hydrogène dans ces gaz naturels. Il est applicable aux problèmes analytiques du même ordre.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *L'oxydation du manganèse en acide permanganique et ses conséquences dans l'application au dosage du manganèse.* Note de M. A. TRAVERS, présentée par M. C. Matignon.

Les difficultés d'oxydation du manganèse en acide permanganique sont assez grandes, et expliquent les insuccès constatés, quand on cherche à appliquer cette réaction au dosage de teneurs relativement faibles en manganèse (quelques milligrammes par essai).

Ces difficultés tiennent :

1° A l'oxydation *progressive* et non instantanée des sels manganeux en acide permanganique, *du moins* avec la plupart des réactifs oxydants utilisés ;

2° Aux réactions secondaires qui en résultent, entre l'acide permanganique d'abord formé et le sel manganeux *non encore oxydé*.

Ces réactions insensibles à froid, pour de très faibles concentrations en manganèse (de l'ordre de 10^{-5}), sont cependant appréciables à la température de 100°, même pour ces basses teneurs. Elles sont déjà nettes à froid, pour les concentrations en manganèse dix fois plus fortes.

Le détail de cette étude paraîtra dans un autre Recueil; nous indiquerons seulement ici les principaux résultats :

I. Concentrations en manganèse $< 10^{-4}$ (10^{mg} dans 100^{cm^3}); en milieu sulfurique ou nitrique (acidité $<$ 10 pour 100), les sels manganeux réduisent l'acide permanganique au stade MnO^2; en milieu fluorhydrique, la réduction conduit *rigoureusement* au stade Mn^2O^5, et se produit même à froid, de même qu'en milieu métaphosphorique, mais à chaud (100°).

II. Concentrations élevées en manganèse ($> 10^{-4}$); en milieu sulfurique ou nitrique, on obtient toujours exclusivement MnO^2.

En milieu fluorhydrique ou métaphosphorique, on obtient *à la fois* un sel *manganique*, stable en présence d'un léger excès d'acide, et un précipité de MnO^2.

C'est qu'en effet, pour ces concentrations, les sels *manganiques* réduisent eux-mêmes à chaud (100°) l'acide permanganique.

Quand on cherche à oxyder du manganèse en acide permanganique, on risque donc de faire retour en arrière, et de précipiter du MnO^2, qu'il semble difficile de réoxyder en acide permanganique, en raison de son insolubilité dans la plupart des milieux acides.

Nous allons montrer cependant qu'il est possible, grâce à un milieu convenablement choisi, d'oxyder totalement en acide permanganique des

teneurs en manganèse dépassant 250mg, et par conséquent d'*appliquer avec succès la méthode de dosage aux minerais et aux ferromanganèses*. Le même procédé opératoire peut d'ailleurs être appliqué pour une *teneur quelconque* en manganèse.

Nous effectuons l'oxydation à *l'ébullition*, en milieu à la fois sulfurique (3 pour 100) et métaphosphorique (2 pour 100 d'acide PO^3H vitreux pulvérisé) [1]. Le réactif oxydant est le persulfate d'ammoniaque employé à l'état solide (de 1 à 10g suivant la teneur en manganèse). Nous utilisons quelques centimètres cubes de NO^3Ag *décinormal* (5cm³ par 125mg de Mn), comme catalyseur. Nous avons dans une précédente Communication [2] expliqué le mécanisme de la catalyse.

On se rend compte de la complexité des réactions qui se passent, et du succès de l'opération, en examinant les phénomènes observés :

		mg	cm³
1° Dans l'oxydation des très basses teneurs [3]..........	1	dans	100.
2° » teneurs moyennes..............	10	»	100
3° » teneurs élevées................	100	»	200

1. *Très basses teneurs.* — On observe d'abord une coloration violette, qui pâlit ensuite, pour devenir rapidement violet franc, plus intense qu'au début.

Il s'est formé d'abord un peu d'acide permanganique, qui a été ensuite réduit à l'état de *métaphosphate manganique*, moins coloré et non hydrolysé. Celui-ci, à *faible concentration*, s'est réoxydé directement en peracide sans retour en arrière.

2. *Teneurs moyennes.* — La coloration violet franc, d'abord obtenue, fait place à une coloration *rouge vineux*. L'acide permanganique a été réduit à la fois à l'état de sel manganique et de MnO^2 ; celui-ci peut être séparé par filtration sur creuset d'alumine Northon ; la liqueur claire renferme des sels *manganiques*.

Par ébullition de quelques minutes, le bioxyde de manganèse formé, *très finement divisé*, se redissout *progressivement* dans PO^3H en passant à l'état de métaphosphate manganique qui, ainsi formé à *faible concentration*, se réoxyde totalement en peracide, sans retour en arrière.

3. *Teneurs élevées.* — L'apparence est la même, sauf que la proportion de

(1) Nous avons vérifié que la transformation de cet acide en acide orthophosphorique était très lente, en raison de sa polymérisation.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 972.

(3) Il s'agit *d'ordres de grandeur*.

MnO^2 est beaucoup plus importante, et que sa couleur masque celle du sel manganique restant, qui peut être reconnu par filtration.

Si la teneur en manganèse dépasse 100^{mg}, on peut observer *intermédiairement* la formation d'un précipité *rouge* que nous avons identifié à un métaphosphate double :

$$2(PO^3)^3Mn.(PO^3)^2Mn,$$

où le manganèse se trouve dans les états manganeux et manganique.

Il y aurait un moyen beaucoup plus élégant pour assurer cette oxydation, ce serait de supprimer les réactions secondaires que nous avons signalées, en rendant l'oxydation *instantanée et en l'effectuant à froid.* Nous avons signalé dans notre précédente Note qu'il existait un réactif d'oxydation, en milieu acide, présentant cette propriété : le peroxyde azotate $3Ag^2O^2.NO^3Ag$. Malheureusement, il faut $0^g,2$ environ de cette combinaison pour oxyder 1^{mg} de manganèse. Sa préparation est coûteuse et son emploi est par suite limité.

La solution que nous avons développée plus haut a l'avantage d'être générale et économique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les sels complexes provenant de l'action de l'α-picoline sur les iridohexachlorures alcalins.* Note de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. A. Béhal.

En faisant agir la pyridine sur les solutions aqueuses d'iridohexachlorures alcalins, M. Delépine a montré qu'on pouvait obtenir successivement [1] $[Ir^{III}PyCl^5]M^2$ en 24 heures à 40° ou en 1 minute à 100° [2], puis $[Ir^{III}Py^2Cl^4]M$ *cis* et *trans* en une demi-heure à 100° [3], puis enfin $[Ir^{III}Py^3Cl^3]$ en 50 heures à 100°. Que se passerait-il avec les homologues de la pyridine, dont les caractères généraux se rapprochent le plus souvent de ceux de cette base ?

Le présent travail traite de l'action de l'α-picoline, et montrera qu'elle se comporte de façon sensiblement différente : en une demi-heure à 100° on atteint déjà $(Ir^{III}(\alpha Pic)^3Cl^3]$, substance cristalline jaune, non électrolyte,

---

(1) Dans toutes les formules, Py représente une molécule de pyridine, (α Pic) une d'α-picoline.

(2) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 9, 1911, p. 710.

(3) M. Delépine, *Ann. Chim.*, 9e série, 19, 1923, p. 15-16.

insoluble dans l'eau, soluble dans le chloroforme et la pyridine, comparable au dérivé pyridique correspondant. Essayant alors la même réaction à basse température, je me heurtai à un échec complet : il ne se forme, soit à 15° en quelques jours, soit à 50° en quelques heures, que des composés résineux dont je n'ai pu entrevoir la structure, mais sans la moindre trace des complexes cherchés. Au contraire, si l'on arrête la réaction, faite à 100°, après quelques minutes, en évaporant ensuite à froid dans le vide, ou si l'on neutralise au moment voulu l'excès de picoline libre (par la quantité exactement nécessaire de ClH dilué), on réussit à obtenir l'iridoaquodipicolinotrichlorure $[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 H^2 O Cl^3]$. Supposant que ce corps provenait d'une substitution de l'eau au chlorhydrate de picoline dans

$$[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 Cl^4](\alpha Pic H),$$

qui avait dû prendre d'abord naissance, j'ai essayé de réaliser le passage inverse du corps aquo au tétrachlorure, par action de solutions concentrées de chlorures. Ces essais furent tous infructueux, et me conduisent à conclure que $[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 Cl^4]M$ ne peut exister en solution aqueuse, et se transforme en dipicolinoaquo.

Enfin, en même temps que $[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 H^2 O Cl^3]$, j'observai qu'il se faisait, au début de l'action de la picoline sur l'iridohexachlorure d'ammonium, un corps cristallisant en très fines et longues aiguilles, très difficiles à isoler, mais qu'une méthode indirecte permet d'identifier avec

$$[Ir^{III}(\alpha Pic) Cl^5](NH^4)^2.$$

En présence d'un excès de $[Ir^{III} Cl^6](NH^4)^3$ non attaqué, ainsi que de chlorhydrates d'ammoniaque et d'α-picoline, ce mono-α-picolinopentachlorure forme un beau sel double cristallisé, cubique, dont la formule brute semble être

$$\{[Ir^{III}(\alpha Pic) Cl^5](\alpha Pic.H)^2,\ 2[Ir^{III} Cl^6](NH^4)^3,\ 3NH^4Cl,\ (\alpha Pic)HCl\}.$$

Il existe un sel analogue dans lequel l'ammonium est remplacé par le potassium. Quant au constituant $[Ir^{III}(\alpha Pic)Cl^5](\alpha Pic.H)^2$ du dérivé compliqué précédent, on ne peut l'atteindre, à l'état de pureté, que par une autre méthode, en faisant agir en quantité calculée l'acide chlorhydrique étendu sur $[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 H^2 O Cl^3]$, en présence d'un grand excès de chlorhydrate d'α-picoline. On peut en dériver le sel d'argent correspondant $[Ir^{III}(\alpha Pic)Cl^5]Ag^2$.

Il m'a été d'autre part impossible de pousser la substitution plus loin

que dans le tripicoliné, pour obtenir le sel tétrapicoliné $[Ir^{III}(\alpha Pic)^4 Cl^2] Cl$. Le chauffage prolongé à 130° du tripicoliné en présence d'α-picoline anhydre le laisse inaltéré, mais en milieu (eau + α-picoline), en 25 heures à 130°, apparaît un phénomène inverse de celui que j'espérais : la picoline, en dissolvant le dérivé tripicoliné, permet à l'eau de l'attaquer lentement, pour donner des produits résineux moins riches en picoline, dont l'étude n'a pas été poussée plus loin.

J'ai enfin pu oxyder plusieurs de ces complexes irideux et isoler les sels iridiques correspondants. La solution concentrée de

$$[Ir^{III}(\alpha Pic) Cl^5](\alpha Pic.H)^2,$$

traitée à 100° par NO^3H pur, fournit l'iridimono-α-picolinopentachlorure

$$[Ir^{IV}(\alpha Pic) Cl^5](\alpha Pic.H),$$

qui présente une grande analogie avec le complexe pyridiné qui lui correspond. D'autre part $[Ir^{III}(\alpha Pic)^2 H^2O Cl^3]$, en poudre, traité à froid par l'eau régale concentrée, se change quantitativement en $[Ir^{IV}(\alpha Pic)^2 Cl^4]$, cristallisé, violet foncé, voisin par ses propriétés de $[Ir^{IV} Py^2 Cl^4]$ *trans*. Par contre, l'oxydation de $[Ir^{III}(\alpha Pic)^3 Cl^3]$ n'a pu (pas plus que celle de $[Ir^{III} Py^3 Cl^3]$), être réalisée, ce corps résistant même à l'eau régale bouillante.

GÉOLOGIE. — *Note sur le Permien marin de Madagascar.*
Note de M^me **Ida Vaillant-Couturier-Treat**, présentée par M. Émile Haug.

Jusqu'à présent, le Permien du Nord de Madagascar, comme celui du Sud, n'était connu que par des Vertébrés fossiles. M. Smith Woodward a le premier, en 1910, décrit des empreintes de Poissons dans des nodules provenant de la rive droite de la Mahavavy, en les considérant comme d'âge permo-carbonifère. Ces nodules renfermaient aussi de petites coquilles, qui furent attribuées à des Gastéropodes. Aussitôt après, M. Douvillé, ayant eu des nodules de la même région, reconnut que les prétendus Gastéropodes étaient des Ammonites très analogues à certaines formes du Trias inférieur de l'Amérique du Nord. Il en conclut que la formation fossilifère était du Trias marin. Plus tard, Priem, dans une étude des Poissons fossiles de Madagascar, influencé par les conclusions de M. Douvillé, rapporta la faune ichthyologique au Trias, contrairement aux vues exprimées par M. Smith Woodward.

En 1924, M. Waterlot, chargé de mission du Muséum, remit au Laboratoire de Paléontologie un nombre considérable de nodules provenant encore de la même région, des environs d'Ankitohazo, district d'Ambilobé. Beaucoup de ces nodules renferment des Poissons identiques à ceux décrits par Priem. D'autres contiennent de belles Ammonites parfaitement conservées, sur lesquelles, pour trois des formes au moins, la suture peut être étudiée même sur la partie interne. Cette petite série, dont M. Boule m'a confié l'étude, m'a montré qu'il s'agit d'espèces ou de formes permiennes et non triasiques. Voici quelques détails sur chacune d'elles :

Cyclolobus Walkeri Dien. — Cette forme, la plus abondante, est représentée par une quarantaine d'échantillons, mesurant de 22 à 154^{mm} de diamètre et comprenant des coquilles entières avec leur péristome. La partie siphonale, arrondie chez les jeunes, tend à devenir tranchante chez l'adulte. La loge d'habitation occupe les $\frac{8}{9}$ d'un tour. Le dernier tour, plus embrassant que les autres, réduit fortement l'ombilic. La ligne suturale, dans son ensemble, présente la forme d'un S. Son dessin est celui d'un *Cyclolobus* typique, avec cette particularité importante que la selle externe est dédoublée comme une selle de *Phylloceras*. Il y a en moyenne 12 lobes et 12 selles. Le lobe externe est bi-partite; ceux qui suivent sont tantôt bi- tantôt tri-partites. Par la forme bi-partite de la selle externe, notre espèce se rapproche, sans doute possible, des *Cyclolobus* de Chitichun et des « Kuling Shales » de Spiti, sur lesquels Diener a créé ses *Cyclolobus Walkeri*, *C. Kraffti*, *C. Haydeni* et *C. insignis*. L'étude de nos échantillons, qui, malgré les différences, appartiennent évidemment à un même type, m'incline à penser que les quatre formes de Diener représentent une seule espèce, identique à celle de Madagascar.

Medlicottia Wynnei Waag. (*Episageceras Wynnei* Noetl.). — De cette deuxième espèce, nous n'avons que deux échantillons, bien conservés du reste, un jeune et un adulte. La forme générale et le dessin de la suture sont ceux d'un *Medlicottia* typique. Par la forme des selles siphonales, par le nombre et la symétrie des lobes adventifs qui ornent cette selle, enfin par la profondeur et par la forme du grand premier lobe, l'Ammonite que nous décrivons doit se ranger parmi les *Episageceras* de Noetling. Elle ressemble particulièrement à l'*Episageceras Wynnei* des « Upper Productus Shales » du Salt Range. La seule différence qui semble digne d'être notée est l'accentuation plus forte des selles et des lobes auxiliaires jusqu'au bord même de l'ombilic.

Xenaspis carbonarius Waag. — Trois échantillons, de 50 à 80^{mm} de diamètre, ne présentent qu'un fragment de la loge d'habitation, un demi-tour. La coquille, lisse ou à peine ornée de côtes très légères, montre des tours très peu embrassants. La ligne suturale, de type Cératite, ne comprend que trois selles et deux ou peut-être trois lobes. La forme de la coquille, la nullité ou la faiblesse de son ornementation, aussi bien que le dessin de la ligne suturale, nous portent à croire que notre fossile est très voisin du *Xenaspis carbonarius* du Permien de Chitichun et des couches supérieures des « Middle Productus », des « Kuling Shales » de Spiti. La seule différence est que la forme de Madagascar est encore moins embrassante que le *Xenaspis* de l'Inde; la suture de l'ombilic, au lieu de traverser les cloisons immédiatement après la troisième selle, sectionne la selle suivante, mettant ainsi à découvert un lobe auxiliaire.

Hungarites. — Cette quatrième forme est représentée par des spécimens nombreux, qui offrent cette particularité d'être entourés d'un essaim d'Ammonites très jeunes ou de Lamellibranches. La petitesse des échantillons (7 à 47^{mm} de diamètre) et l'étendue de la loge d'habitation (un tour entier) rendent difficile l'étude de la suture. La coquille, plate, discoïde, montre parfois de faibles plis falciformes. La ligne suturale est identique à celle d'*Hungarites Raddei* Arth. du Permien de Djoulfa. Contrairement à *Hungarites*, tel que l'ont défini Mojsisovics et Arthaber, l'Ammonite de Madagascar ne montre pas de carène médiane entre les deux carènes marginales et présente plutôt ainsi une forme extérieure de *Meekoceras*. On pourrait peut-être y voir une forme ancestrale de ce dernier genre.

Il résulte de ces déterminations que les couches fossilifères renfermant les échantillons de M. Waterlot peuvent être parallélisées avec celles du Permien de l'Inde et de la Perse. Ce résultat confirme la détermination préliminaire qu'avait faite M. Boule sur des échantillons à lui remis en 1911 par M. A. Lacroix.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la formation de la vase atmosphérique et de la mer de nuages.* Note [1] de M. C. **Dauzère**, transmise par M. Brillouin.

La vase atmosphérique et la mer de nuages ont fait l'objet d'une Note antérieure [2], dans laquelle nous avons montré la liaison qui existe entre ces deux phénomènes. La mer de nuages est formée par le groupement des cumulus qui résultent d'un mouvement ascendant de l'air. Ce mouvement ascendant s'arrête au niveau de la vase atmosphérique ou à une altitude très peu supérieure. Les protubérances arrondies qui forment le sommet d'un cumulus sont au-dessus de la vase, la base du nuage y est immergée; de sorte que celui-ci paraît flotter à la surface de la vase; il s'aplatit sur elle quand le soir arrive et que la convection devient moins active; en même temps le niveau général s'abaisse comme nous l'avons indiqué.

Le mouvement ascendant des fumées est tout à fait analogue à celui des cumulus, et se comporte de la même manière; nous avons eu l'occasion de l'observer dans les circonstances suivantes : A la fin de l'été, les bergers des Pyrénées ont l'habitude (déplorable au point de vue de la conservation des pâturages) d'allumer des incendies qui consument les arbrisseaux (bruyères, ronces, ajoncs, genêts) qui se sont multipliés sur certains flancs de montagne. Cette combustion de végétaux en pleine sève fournit des fumées abondantes, que l'on aperçoit à de grandes distances des terrasses de l'Observatoire du Pic du Midi. Or l'on constate que, *quelle que soit l'alti-*

[1] Séance du 29 mars 1926.

[2] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 452.

tude du foyer dont elles sont issues, les fumées montent et s'arrêtent toutes à peu près à la même hauteur, qui est le niveau de la vase atmosphérique. Ce niveau est légèrement dépassé par les volutes des fumées, lorsque le foyer est en pleine activité; puis on voit le panache s'affaisser légèrement et la fumée s'étaler en une traînée horizontale, à la surface de la vase, dans la direction du vent très faible qui règne au moment de l'observation; elle ne tarde pas d'ailleurs à se mélanger avec la vase, dont l'opacité se trouve augmentée.

La mer de brumes est donc formée par les poussières des fumées, comme la mer de nuages par les gouttelettes d'eau condensée des strato-cumulus. Le mécanisme de cette formation a été indiqué par M. Marcel Brillouin (¹), qui attribue l'arrêt du mouvement ascendant à une diminution brusque de la densité quand on passe de la couche où se produit la convection à celle qui la surmonte; cette diminution brusque de la densité se produit à la base d'une nappe d'inversion de la température. Nous sommes ainsi ramené aux considérations développées dans une Note récente (²), par lesquelles nous avons montré comment une telle nappe offre un obstacle puissant à tout mouvement de convection suivant la verticale.

Au cours de nombreuses ascensions, effectuées dans les Pyrénées par le personnel de l'Observatoire du Pic du Midi, les températures à diverses altitudes ont été relevées, de jour et de nuit, dans des circonstances très différentes. Nous avons eu souvent l'occasion de faire ce relevé au-dessous de la mer de nuages, à son intérieur et au-dessus d'elle; nous avons constaté ainsi les faits suivants : la température décroît de plus en plus à mesure que l'on monte, jusqu'à ce que l'on traverse le niveau supérieur de la couche nuageuse; quand on passe au-dessus de ce niveau, la température subit une augmentation brusque, conformément à la théorie de M. Brillouin, puis elle baisse de nouveau, soit immédiatement, soit après avoir continué de croître jusqu'à un maximum plus élevé. Le vent subit aussi un brusque changement de direction, passant du Nord au Sud en général quand on monte au-dessus de la mer de nuages.

Les mêmes vérifications ne peuvent se faire pour la vase atmosphérique, car elle est invisible, pour ceux qui y sont plongés, et l'on ne peut savoir à quel moment on traverse son niveau; mais on observe souvent au cours d'une ascension des inversions de température qui s'expliquent par le passage à travers ce niveau.

(¹) Marcel Brillouin, *Vents contigus et Nuages* (*Annales du Bureau central météorologique*, 1896, p. B. 64).

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 978.

Les phénomènes dont nous venons de parler s'observent par beau temps. Ils peuvent se résumer comme il suit : l'atmosphère en équilibre est alors partagée en couches stratifiées; la convection est limitée à l'intérieur des couches où la température décroît avec l'altitude; les cumulus et les poussières des fumées, entraînées par cette convection, s'accumulent à la base des couches d'inversion, pour y former des nappes constituant la mer de nuages ou la vase atmosphérique.

GÉNÉTIQUE. — *Apparition de* Triticum durum *Desf. dans la descendance d'hybrides de deux* Triticum vulgare *Vill.* Note de M. **Em. Miège**, présentée par M. E. Roux.

On a signalé à plusieurs reprises l'apparition — dans les croisements naturels ou artificiels de divers blés cultivés ou sauvages — de formes appartenant à des espèces différentes de celles des parents, et l'on a pu réaliser, récemment, la production synthétique de plusieurs *Triticum*, par hybridation interspécifique. Les types speltoïdes apparaissent le plus souvent (Nilsson-Ehle, Akermann, Kajanus, Lathouwers, Lindhard, etc.); Leighty et Boshnakian [1] admettent même qu'on les trouve invariablement dans F_2 d'hybrides de *Tr. sativum* et autres *Triticum;* d'autres formes peuvent surgir également [*Tr. dicoccum* Schr. (Blaringhem, 1914); *Tr. dicoccoïdes* (Love et Craig, 1919)]. A notre connaissance, on n'a pas encore indiqué que le croisement de deux blés d'une *même* espèce (*Tr. vulgare*) pouvait donner naissance à un autre type spécifique.

En 1921, nous avons pratiqué l'hybridation : *Triticum vulgare alborubrum* Kcke (var. *Indian Pearl*) × *Triticum vulgare oasicolum* D. (var. *Extrême-Sud Algérien*) et nous avons obtenu onze grains normaux, qui ont donné une F_1 hétérogène et non intermédiaire entre les deux géniteurs. Dans la F_2 composée de 112 lignées se rapprochant plus ou moins des parents, tandis que la souche 4 donna une forme speltoïde, que la souche 9 en contint trois ainsi qu'un *oasicolum* typique, la souche 6 présenta des formes durelloïdes caractérisées, entre autres (lignée 240), par des épis barbus, velus, roux, aussi larges sur les profils que sur les faces, par des épillets étroits à glumes fortement carénées sur toute leur longueur et très adhérentes au rachis, par des aigrettes formées de cils de longueur intermédiaire entre celles des blés tendres et des blés durs, avec des caractères secondaires (plissement à l'insertion des glumes, empreinte et poils internes) semblables à ceux de *Tr. vulgare*. Les grains sont ceux des blés durs, longs de 8 à 9^{mm}, nettement asymétriques, avec un côté plat et un côté bombé, une assise évidée, une coupe cornée.

Les lignées 241-2, 241-3, 241-4, dérivées de la même souche, présentent *tous* les

(1) Leighty et Boshnakian, *Journ. of Agric. Research*, 22, 1921, p. 335.

caractères des blés durs, encore plus accusés, même dans les détails structuraux et dans la texture du chaume, qui est plein.

Dans les générations suivantes, certaines lignées restèrent stables, mais la plupart donnèrent des disjonctions nouvelles, les unes semblables aux formes originelles, les autres absolument identiques à *Tr. durum*, et certaines enfin présentant des caractères intermédiaires ou des chimères de cette espèce, et de *Tr. vulgare* (n^os^ 240-2 *a*, 240-2 *b*). On trouve, par exemple, sur le même épi, à la fois des glumes plissées et fortement carénées sur toute leur longueur, une arête genouillée comme dans les *oasicolum*, des cils courts, un grain symétrique, long, dur, à assise évidée, mais à cassure légèrement farineuse, etc.

En F_4, la famille 240-4 donne naissance à cinq formes qui sont toutes des blés durs vrais; 241-3, qui appartient au même groupe par tous ses caractères, fournit une forme dure à barbes persistantes et une à *barbes caduques* possédant toutes deux un chaume plein ou demi-plein. En dehors des n^os^ 241-4, 242, 242-1, 243, dont *tous* les individus sont des *durum* stables, à compacité élevée (de 25 à 40, selon les numéros), et à paille pleine, toutes les autres lignées de la même souche mère (n° 6), sont constituées par des *Tr. vulgare* sp., des *Tr. vulgare oasicolum* D., des formes speltoïdes et des types intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs (durelloïdes).

Tschermak (1914) avait signalé, dans la descendance d'hybrides artificiels de *Tr. vulgare* × *Tr. dicoccoïdes*, l'apparition de *Tr. durum*, mélangé d'ailleurs à des formes speltoïdes et à des types *vulgare* et *dicoccum;* plus récemment, J. de Vilmorin (1921) a montré que l'hybridation spontanée du même blé sauvage a fourni, en quelques années, 217 formes distinctes, dont 85 d'épeautres et d'amidonniers, 63 de blés tendres et 57 de *blés durs;* enfin, Ducellier (1923) a observé la présence en Algérie, dans un champ de blé tendre Manitoba, d'une plante durelloïde qui, en F_2, a donné une série de formes, dont une tendre, cinq dures sans barbes, barbues et demi-barbues, et une intermédiaire.

Dans ces deux derniers cas, la nature de l'un des parents au moins était ignorée, tandis que dans l'exemple présent, il s'agit d'une véritable production synthétique de *Tr. durum*, d'origine bien définie, en partant de deux blés tendres dont l'un — il est vrai assez particulier (*Tr. oasicolum* D. ♂) — a eu la même influence que *Tr. dicoccoïdes* de Tschermak, et peut-être de J. de Vilmorin. Il est à noter en outre que, dans notre cas comme dans tous les précédents, les formes speltoïdes ont constamment accompagné les autres.

Il ne semble pas qu'il soit possible d'invoquer ici la staurogamie et l'in-

tervention accidentelle d'un géniteur *durum* (qui n'existait d'ailleurs pas au voisinage des plantes décrites). En effet, les formes durelloïdes apparurent dès la seconde génération, en mélange avec les types speltoïdes et parentaux (*oasicolum* compris) et donnèrent naissance à des lignées qui ne varièrent plus que dans les limites de *Tr. durum*.

ENTOMOLOGIE. — *Deuxième* [1] *contribution à l'étude de l'anatomie de la tête des Diptères Cyclorhaphes : La lunule et ses organes sensoriels.* Note [2] de MM. **L. Mercier** et **J. Villeneuve**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chez les Myodaires de la section *Muscaria schizophora*, on donne le nom de lunule à une pièce chitineuse, généralement en forme de triangle ou de losange, qui raccorde la ptiline à la face.

Si l'on considère l'ensemble des Diptères cyclorhaphes qui ont une ptiline, on constate que la lunule est tantôt bien développée, tantôt terne et amoindrie, à peine chitinisée; même, chez certains *Sarcophaga*, elle est enfouie et, en apparence, pratiquement nulle.

Lorsque la lunule est bien développée, elle peut se présenter sous des aspects très divers : elle peut, par exemple, prendre chez des *Hydrotæa* (*Anthomyidæ*) une belle coloration blanche, être velue comme chez plusieurs *Lonchæa* (*Sapromyzinæ*); chez *Tamiclea globula* Meig (*Phasiinæ*) elle est aiguillonnée.

En raison de la diversité des aspects de la lunule et des rapports qu'elle présente, chez les Myodaires, avec la face, d'une part, et avec la ptiline, d'autre part, nous avons pensé qu'il était intéressant de préciser les caractères anatomiques de cette pièce du squelette de la tête.

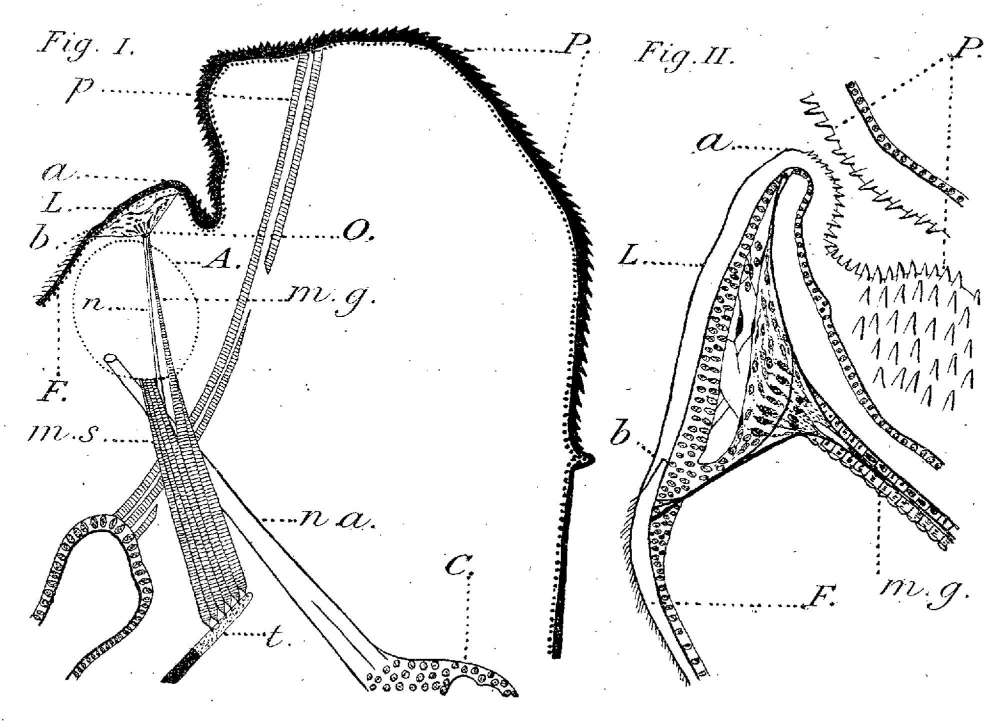
Dans la présente Note, nous avons tout particulièrement en vue l'étude de la lunule chez *Calliphora erythrocephala* Meig. La figure 1 représente, d'une façon semi-schématique, quelques traits de la structure de la région antéro-supérieure d'une tête de *C. erythrocephala* débitée en coupes sériées, parallèlement au plan sagittal. La fixation a été faite alors que l'ampoule frontale était à demi-dévaginée. On voit la ptiline (P), le muscle ptilino-

---

(1) L. Mercier et J. Villeneuve, *Contribution à l'étude de la tête des Diptères cyclorhaphes. La ptiline et le muscle ptilino-pharyngien* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 882).

(2) Séance du 19 avril 1926.

pharyngien (p) [1]. En a, la ptiline se continue par une assise chitineuse, à surface lisse, qui correspond à la coupe de la lunule (L). Le point b marque le raccord de la lunule avec la face (F) qui est recouverte d'une fine pilosité. La membrane articulaire du scape (A) est circonscrite par un pointillé. A cette membrane aboutissent : les muscles moteurs du scape ($m, s.$), les nerfs antennaires ($n. a.$). Ces nerfs émergent du cerveau (c) et les muscles ont leurs insertions fixes sur une lame membraneuse annexée à



une pièce chitineuse (t) faisant partie du squelette interne de la tête (*tentorium*).

Du faisceau musculaire formé par les moteurs du scape se détachent quelques fibres ($m. g.$) qui viennent s'insérer sur la lunule par l'intermédiaire de tendons. Ces insertions tendineuses servent de charpente à un organe sensoriel (o) qui est représenté, figure 2, à une plus grande échelle. A cet organe aboutit également un nerf (n) qui se détache du tronc des nerfs antennaires. Sous la lunule, entre les insertions des antennes, il existe deux organes sensoriels semblables, l'un droit et l'autre gauche; ils sont

(1) L'existence de ce muscle a également été constatée par A. D. Imms, et l'auteur en fait mention page 594 de son ouvrage : *A general Text-book of Entomology* (Methuen et C°, London, 1925).

réunis par des filets nerveux qui s'étendent transversalement de l'un à l'autre.

Ces organes sensoriels sont à rapprocher, par leur structure, des organes de Johnston situés dans le deuxième article des antennes et dont Child (1894) (1) a constaté l'existence chez un certain nombre d'espèces de Diptères. Aussi, pour l'instant, nous les considérons comme des organes chordotonaux. Des organes semblables ont été signalés pour la première fois par Janet (1894) (2) chez les Fourmis et il leur a donné le nom d'organes chordotonaux préantennaires.

Mais ce qui constitue la caractéristique des organes chordotonaux préantennaires de *C. erythrocephala*, c'est d'être en rapport avec des muscles tenseurs spéciaux, qui semblent manquer chez les Fourmis. De plus, pendant le phénomène de l'ecdysis, ces muscles dirigent les déplacements de la lunule et finalement l'amarrent en bonne place; aussi, nous leur donnons le nom de *muscles gubernateurs de la lunule* (*m. g.*).

ZOOLOGIE. — *La spanandrie (disette de mâles) géographique chez le Myriapode* Polyxenus lagurus (*L.*). Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

Il y a longtemps déjà que J. Bode (1877), O. Vom Rath (1899) et G. Reinecke (1910) ont signalé que les mâles du Myriapode *Polyxenus lagurus* (L.), font défaut en Allemagne, au moins dans les régions qu'ils ont étudiées. Comme cette absence régionale de mâles semblait constituer un nouvel exemple du phénomène que j'ai désigné sous le nom de *spanandrie* (disette de mâles) *géographique* (3), j'ai tenu à en préciser les conditions.

Le mâle de *Polyxenus lagurus* a été signalé en France par Fabre (1855), en Autriche par Latzel (1884), en Angleterre par Heathcote (1890), et au Danemark par Meinert (1868). Mais aucun de ces auteurs ne mentionne la proportion sexuelle observée.

En France, j'ai observé que les deux sexes se rencontrent à peu près en égale quantité, les mâles étant, cependant, toujours moins nombreux que les femelles, comme c'est la règle générale chez les Diplopodes. A Tou-

(1) C. M. Child, *Beiträge zur Kenntnis der antennalen Sinnesorgane der Insecten* (*Zool. Anzeig.*, **17**, 1894, p. 35).

(2) Ch. Janet, *Sur les nerfs de l'antenne et les organes chordotonaux chez les Fourmis* (*Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 814).

(3) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1742-1745.

louse [1], par exemple, sur 132 individus examinés, j'ai compté 55 mâles et 77 femelles, soit 41,6 pour 100 de mâles, c'est-à-dire une proportion normale.

J'ai pu, d'autre part, grâce à MM. J.-K. de Jong, H. Ditlevsen et Hans Lohmander, préciser les rapports numériques des sexes dans le nord de l'Europe. Sur 301 individus de *Polyxenus* récoltés à Alkmaar, en Hollande, j'ai compté 117 mâles pour 184 femelles, soit une proportion de mâles égale à 39 pour 100. Le rapport numérique des sexes est donc presque égal, dans ce cas, à celui des colonies toulousaines.

Dans la collection de *Polyxenus* du Musée zoologique de l'Université de Copenhague, j'ai examiné 57 individus provenant de diverses régions du Danemark. Je n'ai trouvé que 5 mâles, soit une proportion de 8,7 pour 100.

J'ai examiné une magnifique collection renfermant des individus qui proviennent des régions les plus diverses de la Suède méridionale (provinces de Bohuslan, Göteborg, Västergotland, Halland, Scanie, Södermanland, Uppland et îles d'Oland et de Gotland) et recueillis à des saisons très différentes (avril à septembre). J'y ai trouvé 876 individus adultes qui se répartissent ainsi : 49 mâles et 822 femelles, soit une proportion de mâles de 5,6 pour 100.

Enfin, dans les collections de *Polyxenus* des Musées d'Helsingfors et d'Åbo, j'ai examiné 58 individus; tous étaient femelles. Il semble donc qu'en Finlande les mâles font défaut ou, du moins, sont très rares.

Les chiffres précédents montrent très nettement que la proportion des mâles diminue à mesure que l'on s'avance du Sud au Nord, ou plus exactement du Sud-Ouest au Nord-Est. Le pourcentage de mâles est 41,6 à Toulouse, 39 en Hollande, 8,7 au Danemark, 5,6 en Suède et o en Finlande. C'est un exemple typique de spanandrie géographique.

Il est extrêmement probable que la rareté ou l'absence de mâles dans les régions scandinaves est corrélative d'une reproduction parthénogénétique, ou plus exactement que les deux modes de reproduction, bisexué et parthénogénétique, existent tous deux, mais dans des proportions variables suivant les colonies. J'ai, en effet, trouvé, dans la collection de Suède du Dr Lohmander, de grandes différences dans la proportion des sexes

(1) Les numérations doivent être faites au moment de la reproduction, c'est-à-dire, à Toulouse, en hiver et au printemps. En été, l'espèce n'est représentée que par quelques rares femelles.

suivant les régions : en certains points, la proportion des mâles s'élève jusqu'à 34 pour 100 (Södermanland); dans d'autres, les mâles font absolument défaut (dans l'île d'Oland et la province d'Uppland, par exemple). Ces indications ne font, d'ailleurs, que poser le problème; la question ne sera résolue définitivement que par des élevages et un examen cytologique des phénomènes de maturation.

Ce nouvel exemple de spanandrie géographique montre que la limite spanandrique, c'est-à-dire la région où les mâles commencent à devenir rares, est très variable suivant les espèces. Pour les *Phasmides* et *Myrmecophila*, c'est le nord de l'Afrique; pour *Trichoniscus provisorius*, c'est le midi de la France; pour *Polyxenus*, c'est la région baltique; pour *Daphnia pulex*, c'est le Groenland et le Spitzberg.

BIOLOGIE. — *La nutrition chez les animaux aquatiques.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. L. Joubin.

Pütter, en 1906, émet, pour la première fois, une théorie de la nutrition des animaux aquatiques.

Il évalue globalement, par l'analyse chimique, les besoins en carbone de quelques-uns d'entre eux et la quantité de carbone fournie par le plankton, c'est-à-dire par la nourriture solide que ces animaux sont susceptibles de rencontrer. Il trouve que l'une est loin de compenser l'autre.

La nutrition doit donc se faire, en majeure partie, aux dépens de la matière organique en solution dans l'eau et provenant des animaux ou des végétaux qui y vivent.

Puis il insiste sur le fait que le tube digestif est rudimentaire et qu'il sert très peu dans de nombreux cas. Il en conclut que l'absorption doit avoir lieu non seulement par le tube digestif, mais surtout par toute la surface extérieure du corps. Les parties non cutinisées, en particulier les branchies, doivent jouer un grand rôle dans cette absorption.

Depuis, il a poursuivi ses investigations et dans une série de Mémoires, après avoir examiné de nouveaux faits et exécuté de nouvelles expériences, il déclare arriver aux mêmes conclusions.

Quelques auteurs, élevant des animaux variés, mais surtout des poissons, dans des solutions nutritives, n'ont constaté aucune absorption. D'autres ont trouvé qu'il y avait une quantité insignifiante de matière organique en solution dans l'eau de mer, contrairement aux affirmations de Pütter.

Les analyses globales de tous ces auteurs donnent des résultats trop vagues. Il faut les compléter par des examens directs.

C'est ce qu'a tenté, le premier, Churchill en 1915 et 1916 sur des Mollusques d'eau douce (*Quadrula* et *Anodonta*).

Churchill fait vivre ces Mollusques dans de l'eau à laquelle il ajoute des solutions de savon, de blanc d'œuf et d'amidon. Il constate qu'il y a eu absorption directe par les branchies, les palpes et le manteau.

En 1921, M. Joubin, dans une Note inédite, et sans connaître les travaux antérieurs, a émis l'hypothèse d'une nutrition des Mollusques bivalves, en particulier des Huîtres et des Moules, aux dépens des albumines en solution dans l'eau de mer.

Depuis 1924, j'ai poursuivi des recherches sur le verdissement des Huîtres. J'ai montré, dans de précédentes Notes, que le pigment vert du *Navicula ostrearia* Bory pénètre directement du milieu extérieur dans l'épithélium des branchies et des palpes aussi bien que dans l'épithélium intestinal.

Dans un autre travail sur le *Navicula ostrearia*, j'ai montré que le pigment vert se trouve dans l'eau sous forme de granulations protoplasmiques pigmentées; le milieu devient donc une véritable solution colloïdale et la pigmentation des Huîtres est le résultat de l'absorption directe, par les branchies et les palpes, de cette matière organique en solution.

Ce premier fait vient à l'appui de l'hypothèse de Pütter : la nutrition a lieu, chez les animaux marins, par la surface extérieure du corps et aux dépens de la matière organique en solution.

Mais il vient aussi à l'appui de cette autre hypothèse de Pütter émise en 1912 en particulier : les algues sont la source principale de la matière organique en solution dans l'eau de mer; les Diatomées en fournissent certainement une quantité importante tant à l'état normal qu'après leur mort.

Les Huîtres ne sont pas seules à se pigmenter ainsi. Tous les Lamellibranches qui vivent dans la zone où se développe le *Navicula ostrearia* absorbent également, par leurs branchies, leurs palpes et même le bord de leur manteau et leurs siphons, la matière organique pigmentée qui provient de cette Diatomée.

J'ai constaté le verdissement chez *Tapes decussatus* L., *Mytilus edulis* L., *Cardium edule* L., *Scrobicularia piperata* Gmel.

Je l'ai provoqué chez *Pecten varius* L. et *Venus verrucosa* L.

De même les branchies des Gastéropodes l'absorbent : *Patella vulgata* L., *Littorina littorea* L.

La sole pédieuse de *Patella vulgata* est aussi pigmentée.

Il n'y a d'ailleurs pas que les Mollusques qui présentent ce phénomène. Certaines Actinies, la base des pieds ambulacraires de l'*Asterias rubens* L., les branchies du *Carcinus mœnas* P., qui sont cependant chitineuses, se pigmentent également.

J'ai poursuivi, plus spécialement chez l'Huître, l'étude de cette nutrition aux dépens des matières organiques en solution.

J'ai fait vivre des Huîtres, pendant des temps variés, dans des solutions diverses, en prenant des précautions particulières sur lesquelles je ne peux pas insister ici. J'ai observé le plus souvent directement par des dispositifs particuliers, sur le frais après section ou après fixation. J'ai pu constater que les Huîtres absorbaient directement, par leurs branchies, leurs palpes et toute la surface de leur manteau les substances suivantes : blanc d'œuf, jaune d'œuf, sang de porc, amidon, gélatine, lait.

D'autre part, j'ai examiné des Huîtres en été et en hiver. J'ai constaté une différence très grande dans l'état des branchies et des palpes. L'hiver ces organes sont bourrés de matière organique, plus ou moins pigmentée suivant son origine. Or on sait que l'été les eaux sont claires, tandis que l'hiver elles sont chargées d'argile et de matière organique.

Toutes ces substances absorbées par les branchies, les palpes et le manteau passent dans le sang où elles sont transformées et utilisées par l'animal.

De toutes ces observations il ressort nettement que les Mollusques et certainement presque tous les animaux marins absorbent directement par la surface extérieure de leur corps, autant que par voie intestinale, les matières organiques en solution dans l'eau.

Je n'ai évidemment pu donner ici que les résultats généraux d'une longue étude que je poursuis depuis deux ans et qui fait l'objet d'un travail à paraître.

A 15^h45^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images solaires.* Note de M. **Maurice Hamy**.

L'intégrale

$$J_{2\sigma} = -\int_c \frac{(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2}\,du \int_\gamma \frac{(1-z^2)^\sigma}{z^2}\cos\left(2nz\sqrt{1-u^2}\right)dz,$$

qui figure dans l'expression de la diffraction de l'image solaire, localisée dans le plan focal d'une lunette, diaphragmée par une fente rectangulaire, et qui se calcule comme je l'ai indiqué dans une Communication précédente [1], cette intégrale, dis-je, s'exprime par les formules suivantes, où μ désigne une indéterminée, comprise entre -1 et $+1$:

1° $\sigma = 0$.

Pour $\alpha = 0$,

$$J_0 = -8n\pi + 2\mu\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{n}}.$$

Pour α voisin de zéro, il existe une expression particulière qui n'offre pas d'intérêt.

Pour $\alpha \leqq 1$,

$$J_0 = \frac{8n\pi}{\alpha^2-1} + 4\pi\alpha\frac{\sin 2n\sqrt{1-\alpha^2}}{(1-\alpha^2)^{\frac{3}{2}}} + \mu\frac{\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}}.$$

Cette expression est valable, même pour α assez petit, tant que l'erreur relative, apportée par le terme en μ, dans la valeur de J_0, ne dépasse pas

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 993.

celle qui correspond à la limite d'approximation demandée.

Pour $1 < \alpha < 1,67, \ldots,$

$$J_0 = \frac{8n\pi}{\alpha^2 - 1} + \frac{2\pi\alpha}{(\alpha^2-1)^{\frac{3}{2}}}\left[E^{-2n\sqrt{\alpha^2-1}} - E^{2n\sqrt{\alpha^2-1}}\right] + \frac{\mu\sqrt{\pi}}{\alpha^2 n^{\frac{3}{2}}}.$$

Pour $\alpha > 1,67, \ldots,$ le terme en μ change de forme; mais l'expression correspondante n'a pas d'intérêt, pour les applications.

2° $\sigma \geqq 1$.

Pour $\alpha = 0$,

$$J_{2\sigma} = \sigma\left\{-8n\pi + \mu\, 2^{\sigma+\frac{3}{2}} \frac{\Gamma\left(\sigma + \frac{1}{2}\right)}{\left[2n - \frac{2\sigma-1}{8}\right]^{\sigma+\frac{1}{2}}}\left[2 - \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{2.4\ldots(2\sigma-2p-2)}{3.5\ldots(2\sigma-2p-1)}\,\frac{1}{\sigma-p-1}\right]\right\},$$

à condition de remplacer $\sum\limits_{p=0}^{p=\sigma-2}$ par zéro, pour $\sigma = 1$.

Pour α voisin de zéro, il y a une expression n'offrant pas d'intérêt.

Pour $\alpha < 1$ et suffisamment éloigné de zéro, on a l'expression suivante, utilisable lorsque le produit $q = 2n\sqrt{1-\alpha^2}$ a une valeur élevée. Les coefficients B qui y figurent s'obtiennent par les relations

$$2(s+1)B_{s+1}^{(\sigma)} = (\sigma - 3s - 4)B_s^{(\sigma)} + (\sigma - s - 1)B_{s-1}^{(\sigma)}, \qquad B_s^{(\sigma+1)} = 2B_s^{(\sigma)} + B_{s-1}^{(\sigma)},$$
$$B_0^{(\sigma)} = 2^\sigma, \qquad B_1^{(\sigma)} = 2^{\sigma-1}(\sigma - 4).$$

Lorsque $s \geqq \sigma - 1$,

$$B_s^\sigma = (-1)^s(\sigma + s + 1).$$

On a.

$$J_{2\sigma} = -8n\pi\sigma\left[(1-\alpha^2)^{\sigma-1}\left(2 - \alpha L\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right) - \sum_{r=0}^{r=\sigma-2}\frac{2.4\ldots(2\sigma-2r-2)}{3.5\ldots(2\sigma-2r-1)}\,\frac{(1-\alpha^2)^r}{\sigma-r-1}\right]$$
$$+ 8\pi\sigma\alpha(1-\alpha^2)^{\sigma-\frac{3}{2}}\sum_{s=0}^{s=p} B_s^{(\sigma-1)}\frac{\sin\left[q + (s-\sigma)\frac{\pi}{2}\right]}{q^{s+\sigma}}\Gamma(\sigma+s)$$
$$+ \mu\left[\sigma.2^{\frac{2}{3}}\alpha^{2\sigma-5}[1 + 2\alpha(\sigma-1)]\frac{\sqrt{\pi}}{\left[2n - \frac{5}{4} - \frac{2(\sigma-1)}{\alpha^2}\right]^{\frac{5}{2}}}\right.$$
$$\left. + 8\sigma\pi\alpha(1-\alpha^2)^{\sigma-\frac{3}{2}}\frac{\Gamma(\sigma+p+2)}{q^{\sigma+p+1}}\right].$$

Dans cette formule, $\sum_{r=0}^{r=\sigma-2}$ doit être remplacé par zéro, pour $\sigma = 1$, p est un entier positif arbitraire, au moins égal à $\sigma - 2$. On le fixe d'après l'ordre de l'approximation à réaliser.

Pour $\alpha > 1$, on pose $q = 2n\sqrt{\alpha^2 - 1}$. Lorsque q est élevé,

$$J_{2\sigma} = -8n\pi\sigma\left[(1-\alpha^2)^{\sigma-1}\left(2 - \alpha\,\mathrm{L}\,\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right) - \sum_{r=0}^{r=\sigma-2}\frac{2.4\ldots(2\sigma-2r-2)}{3.5\ldots(2\sigma-2r-1)}\,\frac{(1-\alpha^2)^r}{\sigma-r-1}\right]$$
$$+ 4\pi\alpha\sigma(\alpha^2-1)^{\sigma-\frac{3}{2}}\mathrm{E}^{-q}\sum_{s=0}^{s=p}\mathrm{B}_s^{(\sigma-1)}\frac{\Gamma(s+\sigma)}{q^{s+\sigma}}$$
$$+ \sigma\mu\left[(1+\sqrt{2})\frac{\Gamma(\sigma+p+2)}{q^{\sigma+p+1}}\mathrm{E}^{-q}4\pi\alpha(\alpha^2-1)^{\sigma-\frac{3}{2}}\right.$$
$$\left. + 2^{\frac{3}{2}}\alpha^{2\sigma-3}[1+2\alpha(\sigma-1)]\frac{\sqrt{\pi}}{\left[2n - \frac{5}{4} - 2\,\frac{\sigma-1}{\alpha^2}\right]^{\frac{5}{2}}}\right]$$
$$+ 2i\pi(-1)^{\sigma-1}\alpha(\alpha^2-1)^{\sigma-\frac{3}{2}}\sigma\left[\int_{C_1}\frac{(1+t^2)^{\sigma-1}}{t^2}\mathrm{E}^{iqt}\,dt - \int_{C_2}\frac{(1+t^2)^{\sigma-1}}{t^2}\mathrm{E}^{-iqt}\,dt\right].$$

Dans cette expression, p est un entier arbitraire au moins égal à $\sigma - 2$, que l'on choisit d'après l'approximation à réaliser. L'intégrale $\int_{C_1}$ est prise le long d'un chemin partant du point $t = -\sqrt{-1}$, situé entièrement dans la région du plan correspondant aux abscisses négatives et s'éloignant à l'infini des ordonnées positives. L'intégrale $\int_{C_2}$ est prise le long d'un chemin partant du point $t = \sqrt{-1}$, situé entièrement dans la région du plan correspondant aux abscisses négatives et s'éloignant à l'infini des ordonnées négatives. On a jugé inutile de donner leurs expressions, parce qu'elles se détruisent avec des intégrales égales et de signes contraires qui se présentent dans le calcul de $L_{2\sigma}$ dont on a donné précédemment la définition. La disparition de ces intégrales constitue une précieuse vérification de la théorie. Leurs expressions contiennent en effet le facteur E^q qui croît très rapidement avec q, c'est-à-dire lorsque α augmente. Or, pour $\alpha > 1$, on se trouve à l'extérieur de l'image géométrique de l'astre. D'après la théorie, l'intensité irait en croissant au delà de toute limite, à l'extérieur de cette image, si les intégrales en question ne disparaissaient pas, ce qui est manifestement

contraire à la réalité. Le fait qu'elles disparaissent effectivement apporte, je le répète, à la théorie une vérification très importante.

Pour α voisin de 1, c'est-à-dire quand le produit $Q = (2n)^2(\alpha^2 - 1)$ n'est pas un nombre élevé, il faut faire usage d'expressions particulières.

Lorsque $\sigma = 1$, on a

$$J_2 = -16\pi n[1 + \alpha \{ \Gamma'(2) - L(1+\alpha) - L2n \}] + 8\pi n\alpha \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{Q^p}{p\,\Gamma(2p+2)} + \mu \frac{2^{\frac{2}{3}}}{\alpha^3} \frac{\sqrt{\pi}}{\left(2n - \frac{5}{4}\right)^{\frac{5}{2}}}.$$

Lorsque $\sigma \geqq 2$,

$$\begin{aligned} J_{2\sigma} = &-8\pi\sigma \frac{(-Q)^{\sigma-1}}{(2n)^{2\sigma-3}} [1 + \alpha \{ \Gamma'(2) - L(2n) - L(1+\alpha) \}] \\ &+ 8\pi n\sigma \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{2.4\ldots(2\sigma - 2p - 2)}{3.5\ldots(2\sigma - 2p - 1)} \frac{(-Q)^p}{(2n)^{2p}} \\ &- \frac{8\pi\alpha\sigma}{(2n)^{2\sigma-1}} \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{\Gamma(\sigma)\Gamma(2\sigma - 2p - 1)}{\Gamma(p+1)\Gamma(\sigma - p)} (-Q)^p \\ &- \frac{4\pi\alpha\sigma}{(2n)^{2\sigma-3}} \sum_{p=\sigma-1}^{p=\infty} G_p \frac{(-Q)^p}{\Gamma(2p - 2\sigma + 4)} + \mu 2^{\frac{3}{2}} \sigma \sqrt{\pi} \frac{1 + 2\alpha(\sigma - 1)}{\left[2n - \frac{5}{4} - 2\frac{\sigma - 1}{\alpha^2}\right]^{\frac{5}{2}}}. \end{aligned}$$

On a d'ailleurs

$$G_{\sigma-1} = \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{\Gamma(\sigma)}{\Gamma(p+1)\Gamma(\sigma-p)} \frac{(-1)^{\sigma-p}}{\sigma - p - 1},$$

$$G_p = (-1)^{p-\sigma} \frac{\Gamma(p - \sigma + 1)\Gamma(\sigma)}{\Gamma(p+1)} \qquad (\text{pour } p \geqq \sigma).$$

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur l'établissement du régime dans les circuits électriques*. Note de M. André Blondel.

A côté des méthodes classiques d'intégration applicables à l'étude des établissements brusques de régime dans un complexe défini par un système d'équations différentielles, on sait que l'on peut utiliser l'intégrale obtenue par une formule dite de développement.

La première formule de ce genre a été donnée par Heaviside pour un seul cas particulier et sans démonstration; on peut, en combinant les règles de

la méthode symbolique avec le théorème de Cauchy, voir immédiatement une forme plus générale de la solution.

En pratique les fonctions qui définissent le régime final seront soit des polynomes entiers ou z, soit des fonctions de $\mathcal{E}^{zt}$ ($\mathcal{E}$ étant la base des logarithmes népériens); z étant soit réel (ce qui comprend le cas des fonctions hyperboliques), soit imaginaire (ce qui comprend le cas des fonctions circulaires); nous sommes ainsi conduit à considérer l'intégrale de Cauchy

$$\int_\gamma \frac{f(z)}{\varphi(z)} \frac{\mathcal{E}^{zt}}{z-a} dz \tag{1}$$

dans laquelle $f(z)$, $\varphi(z)$ sont des fonctions holomorphes d'une variable complexe z, a une constante complexe $(\alpha + j\beta)$, t le temps, γ le contour d'intégration qui contient l'origine et le pôle a. On appellera j le symbole des imaginaires. On admettra, pour simplifier l'exposé, que $\varphi(z)$ n'a que des racines simples (le cas contraire ne se présentant que d'une façon tout à fait exceptionnelle dans les problèmes pratiques qu'on a à résoudre).

Nous calculerons une première expression de l'intégrale (1) au moyen des résidus.

Nous mettrons d'abord à part le résidu correspondant au pôle a

$$\frac{f(a)}{\varphi(a)} \mathcal{E}^{at}$$

Pour obtenir les résidus relatifs aux autres pôles, nous mettons la fonction à intégrer sous la forme

$$\frac{\dfrac{f(z)}{z-a} \mathcal{E}^{zt}}{\varphi(z)}$$

et nous désignons par δ les n racines de l'équation $\varphi(z) = 0$; les résidus correspondants sont donnés par le dernier terme du second membre de (2).

D'où la première expression cherchée pour l'intégrale (1)

$$\frac{1}{2\pi j} \int_\gamma \frac{f(z)\, \mathcal{E}^{zt} dz}{\varphi(z)(z-a)} = \frac{f(a)\, \mathcal{E}^{at}}{\varphi(a)} + \sum \frac{f(\delta_n)}{(\delta_n - a)\, \varphi'(\delta_n)} \mathcal{E}^{\delta_n t}. \tag{2}$$

Cherchons une autre expression de l'intégrale du premier membre en y introduisant les principes de la méthode symbolique créée par Lagrange. En adoptant le symbole de dérivation $\mathfrak{D} = \frac{d}{dt}$, nous pouvons écrire symboliquement

$$\mathcal{E}^{zt} f(z) = f(\mathfrak{D})\, \mathcal{E}^{zt}; \qquad \mathcal{E}^{zt} \varphi(z) = \varphi(\mathfrak{D})\, \mathcal{E}^{zt}.$$

et, par suite, nous pouvons écrire l'intégrale considérée (1) sous la forme

$$\int_\gamma \frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}\,\frac{\mathcal{E}^{zt}}{z-2}\,dz.$$

Dans la méthode symbolique, le calcul algébrique est applicable (sous les restrictions connues) en traitant l'opérateur comme une simple variable indépendante; on peut donc faire sortir de l'intégrale en z le facteur $\frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}$ et l'écrire

$$(3)\qquad \frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}\int_\gamma \frac{\mathcal{E}^{zt}}{z-a}\,dz = \frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}\,2\pi j\,\mathcal{E}^{at},$$

d'après l'expression évidente du résidu.

Égalant cette dernière expression divisée par $2\pi j$ avec le second membre de (2), on obtient finalement la relation suivante, où les crochets indiquent la fonction introduite brusquement

$$(4)\qquad x = \frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}[\mathcal{E}^{at}] = \frac{f(a)}{\varphi(a)}\mathcal{E}^{at} + \sum \frac{f(\delta_n)\,\mathcal{E}^{\delta_n t}}{(\delta_n - a)\,\psi'(\delta_n)}.$$

Toute intégrale *symbolique* ayant la forme du premier membre de (4) et qui correspond à l'application brusque d'un régime exponentiel $\mathcal{E}^{at}$ dans l'opérateur $\frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}$ se traduit donc *algébriquement* par l'expression donnée au second membre. L'opérateur $\frac{f(\mathcal{D})}{\varphi(\mathcal{D})}$ résulte de la résolution des équations différentielles définissant le problème, mises d'abord sous la forme symbolique.

Cette formule générale (4) permet de retrouver comme cas particuliers tous les cas usuels :

L'hypothèse	$a = j\omega$	correspondra à une	fonction	sinusoïdale;
»	$a = -m$	»	»	exponentielle amortie;
»	$a = -m + j\omega$	»	»	sinusoïdale amortie;
»	$a = 0$	»	»	constante qui de zéro passe brusquement à la valeur 1 (cas traité par Heaviside).

Il reste à vérifier chaque fois si la solution satisfait aux conditions limites, qui sont de deux sortes.

1° *Conditions finales donnant le régime statique permanent obtenu.* — La somme représente le régime transitoire; quand il a disparu le régime

obtenu défini par le premier terme du second membre est bien une solution du régime permanent.

Le régime sinusoïdal ($x = E_0 \cos \Omega t$), s'obtiendra en prenant la partie réelle de la solution obtenue dans la seconde hypothèse (car $\cos \Omega t$ est la partie réelle de $\mathcal{E}^{j\Omega t}$); de même le régime correspondant à une oscillation assortie $E_0 \mathcal{E}^{-mt} \cos \Omega t$ s'obtiendra en prenant la partie réelle obtenue dans la troisième solution.

2° *Conditions relatives au régime initial* (*pour* $t = 0$). — Si $t = 0$ l'intégrale (1) se réduit à

$$\int_\gamma \frac{1}{z - a} \frac{f(z)}{\varphi(z)} dz.$$

a. Si le régime initial x_0 doit être nul d'après les conditions du problème, l'intégrale doit être nulle quand le contour γ est un cercle de rayon infini décrit convenablement. Cette condition sera réalisée si le degré de $f(z)$ est inférieur à celui de $\varphi(z)$. Il est facile de le vérifier, si f et φ sont des polynomes entiers; dans le cas contraire, on examinera si le module de

$$\frac{z f(z)}{(z - a) \varphi(z)}$$

tend vers zéro quand le module de z tend vers l'infini. Par exemple on voit que, si $f(z)$ est un sinus hyperbolique ou circulaire, et $\varphi(z)$ un cosinus de même espèce, l'intégrale tend vers zéro.

b. Si le régime initial de la variable cherchée (a) doit être non pas nul, mais fini, il faut alors que la fonction $\frac{f(z)}{\varphi(z)}$ tende vers une valeur finie pour z infini, car l'intégrale :

$$\int_\gamma \frac{f(z)}{(z - a) \varphi(z)} dz$$

prise dans le domaine d'un cercle de rayon infini autour de l'origine prendra la forme suivante, où A désigne une constante

$$\int_\gamma \frac{A\, dz}{z} = A$$

quand le module de z devient infini,

c. Enfin il faut que la solution satisfasse aux conditions relatives aux valeurs initiales des dérivées

$$\frac{d^n x}{dt} = \int_\gamma \frac{z^n f(z) \mathcal{E}^{zt} dz}{\varphi(z)(z - a)}$$

n étant l'ordre de la dérivée. On voit ainsi par le même raisonnement que, si le degré de f est inférieur de p au degré de φ, les $(p-1)$ premières dérivées sont nulles pour $t=0$; si $p=2$, la première dérivée seule peut être nulle; pour $p=1$, elle sera finie. Si $f(z)=1$ toutes les dérivées s'annulent avec x au temps zéro.

En définitive le champ d'application des formules dites de développement, n'est pas général, mais limité par les conditions *initiales* auxquelles ce développement doit satisfaire pour $t=0$. C'est pourquoi certains problèmes d'électricité sont impossibles à intégrer par ce procédé, tandis qu'ils trouvent une solution dans les méthodes classiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fixation de l'hydrogène sulfuré dans le sang*. Note (¹) de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **L. Lescœur**.

Haggard (²), dans une publication récente, étudiant l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'organisme rejette l'hypothèse physiologique d'une combinaison sulfurée avec l'hémoglobine (sulfhémoglobine) et pense à une combinaison complexe avec les divers éléments du plasma sanguin.

Sans préjuger des phénomènes d'oxydation qui se produisent très rapidement aux dépens d'une partie de l'hydrogène sulfuré, il est de première nécessité d'étudier tout d'abord les combinaisons possibles de ce gaz avec les éléments minéraux du sang ou du plasma.

Rien ne s'oppose en effet à admettre avec Diakonow, Pohl (³), etc., que l'hydrogène sulfuré est transporté dans la circulation grâce à l'alcalinité du sang.

De ce point de vue, nous avons cherché à préciser l'équilibre chimique possible entre l'hydrogène sulfuré et les bases du sang, en nous inspirant des données relatives à l'état d'acidité ionique des solutions.

Nous avons réalisé, en vue de définir cet équilibre, des essais directs *in vitro* qui nous ont fait connaître la composition chimique du milieu à des pH déterminés.

Voici d'abord la signification des notations employées et les définitions qui s'y rattachent.

1° Nous exprimons H^2S total, ainsi que CO^2 total, dans une solution

(¹) Séance du 26 avril 1926.

(²) H.-W. Haggard, *J. of Biol. Chem.*, 49, 1921, p. 519-529.

(³) J. Pohl, *Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.*, 22, 1887, p. 1

donnée, par le nombre de centimètres cubes de liqueur $\frac{N}{50}$ qui leur correspond en alcalimétrie [1].

Soient a ce nombre pour H^2S, a' ce nombre pour CO^2.

2° Nous exprimons en centimètres cubes de liqueur $\frac{N}{50}$ l'alcalinité de titration au rouge de méthyle des sels formés dans la solution par les acides précédents : soient b le nombre de centimètres cubes obtenu dans le cas des sulfures, b' le nombre de centimètres cubes obtenu dans le cas des carbonates.

3° Nous utilisons, sous le terme d'*indice d'acidité des sulfures*, le rapport $\frac{a}{b}$, dans le cas des solutions sulfurées, sous celui d'*indice d'acidité des carbonates*, le rapport $\frac{a'}{b'}$ dans le cas des solutions carbonatées. L'indice d'acidité ainsi défini a même signification que l'acidité ionique d'une solution caractérisée par le pH.

Essayons donc d'établir expérimentalement la correspondance entre les pH et les indices, caractéristiques, tous deux, d'un même état d'equilibre. Pour cela, adressons-nous à des solutions de constitution simple, dans lesquelles il soit possible de faire simultanément les deux déterminations.

Voici, concernant un mélange en solution aqueuse de sulfhydrate de sodium (de concentration 0,02 N environ) et d'hydrogène sulfuré, la correspondance entre les indices d'acidité $\frac{a}{b}$ des sulfures et les pH, pour une partie de l'échelle limitée au voisinage du pH du sang normal :

pH à 18°	7	7,2	7,4	7,6	7,8
$\frac{a}{b}$	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2

Ce tableau, établi une fois pour toutes, permettra de déduire immédiatement, de la connaissance du pH d'un milieu sulfuré, la valeur du rapport $\frac{a}{b}$ (indice d'acidité des sulfures) de ce milieu, quelle qu'en soit la complexité.

Nous avons répété, pour les carbonates, ce que nous avons fait pour les sulfures et déterminé expérimentalement la correspondance entre les pH et

---

(1) Chaque centimètre cube $\frac{N}{50}$ d'hydrogène sulfuré correspond à $0^{mg},341$ [H^2S].

Chaque centimètre cube $\frac{N}{50}$ d'acide carbonique correspond à $0^{mg},44$ [CO^2].

les indices d'acidité de mélanges en quantités variables d'acide carbonique et de bicarbonate de soude (concentration = 0,02 N environ).

pH, à 18°...........	7	7,2	7,4	7,6	7,8
$\frac{a'}{b'}$................	2,32	2,20	2,13	2,08	2,05

Dans le cas d'un mélange à la fois sulfuré et carbonaté, on est autorisé à envisager, indépendamment l'un de l'autre, les deux rapports $\frac{a}{b}$, $\frac{a'}{b'}$ et, pour les besoins du calcul, à se servir de leur valeur numérique, d'après les tableaux de correspondance ci-dessus. Ainsi, pratiquement, pour un mélange complexe tel que le sang, on déterminera les quantités respectives de CO^2 (a) et de H^2S (a'), mais on ne pourra évaluer que l'alcalinité totale ($b + b'$). Les trois données pH, a et a' permettront de fixer, d'après les rapports indiqués plus haut, les deux inconnues b et b'.

Pour pH 7,6 — voisin de celui du sang normal et à la température de 18° — l'existence d'un indice d'acidité des sulfures de 2,3 indique la présence de 2,3 équivalents d'hydrogène sulfuré pour 1 équivalent de base. C'est-à-dire qu'il ne peut exister, dans ces conditions, de sulfure neutre (indice 1), ni même de sulfhydrate (indice 2), mais que 1^{mol} de ce dernier coexiste avec $0^{mol},15$ d'hydrogène sulfuré [1].

Faisant le même raisonnement pour l'indice d'acidité des carbonates, on voit qu'il ne peut exister, dans le sang, qu'un mélange de bicarbonate et d'acide carbonique dans la proportion de 1^{mol} de Co^3NaH pour $0^{mol},04$ d'acide carbonique (indice d'acidité = 2,08) [2].

La nature des sulfures minéraux susceptibles de se rencontrer dans le sang, à la suite d'une intoxication, pourrait se trouver aussi bien définie, comme l'est celle des carbonates qui se trouvent à l'état normal dans le sang, à condition que la dissociation de l'hydrogène sulfuré subisse, sous l'influence de la température, des variations de même ordre que celle de l'acide carbonique.

---

(1) Au moins pour la température de 18°.

(2) Les moyennes données par Van Slyke, pour 100^{cm^3} de sang humain normal, sont, pour une tension de CO^2 de 41^{mm} de mercure :

Acide carbonique total............................	$218,6^{cm^3}$ $\frac{N}{50}$
Alcalinité liée à l'acide carbonique................	103,6 »

ce qui correspond à un indice d'acidité, pour les carbonates, de $\frac{218,6}{103,6} = 2,10$.

Supposons le cas d'une inhalation d'hydrogène sulfuré; portons en abscisses l'alcalinité liée à l'hydrogène sulfuré total dans 100^{cm^3} de sang. Il faut, pour obéir à la loi physiologique de la constance du pH sanguin, que le point figuratif de la masse variable du composé sulfuré minéral (dans le sang) se déplace sur la droite d'indice d'acidité des sulfures (2,3) correspondant au pH du sang (*fig.* 1).

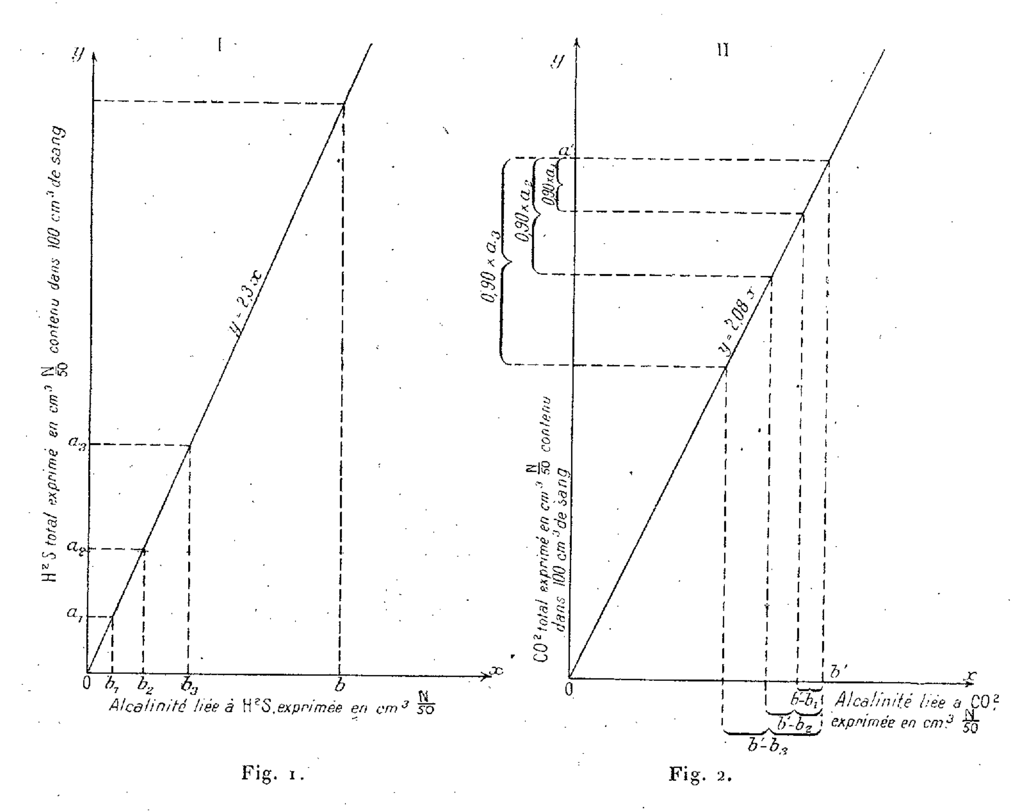


Fig. 1.

Fig. 2.

Quand la quantité d'hydrogène sulfuré absorbé devient a_1, a_2, a_3, l'alcalinité liée à l'hydrogène sulfuré devient b_1, b_2, b_3. Il va de soi que cette alcalinité liée à l'hydrogène sulfuré est prise à l'alcalinité des bicarbonates b', qui diminue d'autant et devient $b' - b_1$, $b' - b_2$, $b' - b_3$ (*fig.* 2).

Si l'on admet cette substitution, il faut évidemment, pour que la constance de l'indice d'acidité des carbonates soit satisfaite, qu'une certaine proportion d'acide carbonique soit mise en liberté. L'hydrogène sulfuré introduit se substitue au gaz carbonique. On notera que cette substitution ne doit pas se faire molécule à molécule, mais dans le rapport de l'indice d'acidité des sulfures à l'indice d'acidité des carbonates, tous deux consi-

dérés pour le pH normal du sang : pour une molécule de H^2S transportée grâce à l'alcalinité du sang, il y aurait, si l'on adopte les indices que nous avons trouvés par l'expérience, départ de $\frac{2,08}{2,30} = 0^{mol},90$ de CO^2.

En résumé, on peut déterminer le rapport suivant lequel, dans une solution de pH donné, se trouvent liés les alcalis et l'hydrogène sulfuré.

Sans préjudice de phénomènes surajoutés, tels que celui de l'oxydation dont l'importance peut être considérable, on voit comment peut s'effectuer la fixation, le transport puis le départ de l'hydrogène sulfuré introduit dans la circulation. Sans faire appel à une combinaison hypothétique avec les constituants organiques du sang, il suffit de considérer l'action de l'hydrogène sulfuré sur les alcalis et les phénomènes de diffusion gazeuse.

PATHOLOGIE. — *La conjonctivite granuleuse du lapin et l'origine du trachome.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Ugo Lumbroso.**

On a pris soin, dans les publications de l'Institut Pasteur de Tunis relatives au trachome, de définir celui-ci par sa lésion spéciale, la granulation, avec ses caractères à l'œil nu et son évolution : début insidieux, localisation primitive et principale à la région tarsienne de la paupière supérieure. C'est ainsi que se présentent et se reconnaissent le trachome naturel de l'homme et les trachomes d'inoculation du chimpanzé et du magot (*Macacus innuus*), seuls animaux réactifs.

Or il existe, chez plusieurs espèces animales, des conjonctivites granuleuses naturelles que l'on pourrait confondre avec le trachome véritable si l'on négligeait les caractères que nous venons de lui donner.

Chez les petits singes, les granulations naturelles sont en nombre variable, généralement restreint, sans localisation propre. La scarification d'une conjonctive qui présente une seule de ces lésions banales peut être suivie d'une éruption de granulations pareilles, non seulement sur la conjonctive de l'œil scarifié, mais bientôt sur celle de l'autre œil.

Nous aurons surtout en vue, dans cette Note, la conjonctivite granuleuse naturelle du lapin. Elle est commune en Tunisie; dans certains élevages, elle paraît constante.

Elle nous est apparue, tout d'abord, sous forme de placards folliculaires, localisés aux angles internes ou externes des paupières, si réguliers dans leur disposition, qu'on eût pu y voir un élément, pour ainsi dire normal,

de la conjonctive. Dans les publications intérieures de notre laboratoire, ces lésions étaient dites banales.

Elles constituent, en réalité, la forme localisée, réduite, torpide et tenace d'une conjonctivite granuleuse qui a eu sa période de généralisation à toute la surface conjonctivale et qui est susceptible, à la moindre cause, de l'envahir à nouveau.

Cette conjonctivite débute dans les jours qui suivent la naissance. Elle se traduit alors par des granulations disséminées. Ce même aspect peut se rencontrer chez des lapins adultes. Une simple scarification des conjonctives peut la faire reparaître chez tout animal porteur d'amas folliculaire, c'est-à-dire pratiquement sur tout lapin de nos élevages. De l'œil scarifié, elle passe en peu de jours à l'autre œil. Sur l'un et l'autre, elle présente, avec les lésions de trachome humain, des différences essentielles. Jamais on n'observe, chez le lapin, la localisation à la région tarsienne de la paupière supérieure; les granulations, disséminées d'emblée sur les conjonctives des deux paupières, ont plutôt une prédilection pour celle de la paupière inférieure. Cette conjonctivite est inoculable du lapin au lapin, du lapin aux petits singes avec report possible de ceux-ci au lapin. Chez les uns et les autres, elle revêt les mêmes caractères.

L'existence de cette conjonctivite granuleuse, des conjonctivites voisines des singes, du chien provoque plusieurs réflexions :

1° Elle commande la prudence à l'expérimentateur dans ses recherches sur le trachome. Seuls, les animaux chez qui l'évolution du trachome est celle de la maladie humaine (chimpanzé, magot) doivent être utilisés pour ces recherches.

2° Elle commande une même prudence pour l'étude de ces conjonctivites granuleuses banales elles-mêmes. Leur fréquence, leurs rechutes, leur généralisation à la moindre intervention locale, leur absence de caractères particuliers, leur inoculabilité dans la même espèce et à d'autres espèces en rend l'étude particulièrement délicate. Celle-ci cependant s'impose; ces conjonctivites peuvent servir à éclairer certains points de nos connaissances sur le trachome humain, si difficile à étudier.

3° Les conjonctivites granuleuses naturelles des animaux semblent bien renseigner, dès à présent, sur l'origine du trachome. Les espèces chez qui nous les avons rencontrées, en particulier le lapin, vivent les yeux au contact du sol. La terre végétale, les débris de la litière les souillent. Rien de surprenant que ces yeux s'enflamment dès les premiers jours de la vie

du fait d'un virus tellurique ou mieux *humique* et que, sans cesse, ils se réinfectent.

Le trachome humain n'a pas, sans doute, d'autre origine. Une oculiste russe, Mme Trepezoutzewa nous avait fait remarquer que, dans son pays, le trachome ne frappe guère que la population agricole. Il en est de même en Afrique mineure.

Si le trachome peut passer de l'homme à l'homme, soit directement, soit par l'intermédiaire des mouches, il est fort probable qu'il a conservé aussi ses affinités avec la terre. On peut donc espérer que, par les progrès de l'hygiène qui écarte l'homme du sol, le trachome est appelé à disparaître peu à peu. Et c'est ainsi sans doute qu'il est disparu, sans qu'on en ait connu la raison, des pays civilisés qu'il frappait autrefois.

M. **P. Appell** fait hommage à l'Académie du *Traité général de Stéréoscopie* de M. E. Colardeau, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

L'Académie décide que son Bureau, composé de MM. **Ch. Lallemand**, président; **Ch. Barrois**, vice-président; **Émile Picard** et **A. Lacroix**, secrétaires perpétuels, fera partie du Comité de patronage qui s'organise en vue de l'apposition d'une plaque commémorative sur la maison natale et familiale de *Georges Gouy*.

M. **P. Villard** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration de cette plaque.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la chaire de Physique végétale vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. **Marc Bridel** obtient 33 suffrages contre 10 à M. *Paul Becquerel*, 6 à M. *René Wurmser* et 1 à M. *Émile Demoussy*. Il y a 3 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. **Paul Becquerel** obtient 31 suffrages contre 20 à M. *René Wurmser*. Il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Marc Bridel**
En seconde ligne. . . . . M. **Paul Becquerel**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La méthode de Darboux et les équations* $s=f(x, y, z, p, q)$, par R. Gosse, et *Figures d'équilibre et Cosmogonie*, par Alex. Véronnet, fascicules XII et XIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présentés par M. P. Appell.)

2° *La sécrétion interne du pancréas et l'insuline*, par André Choay. (Présenté par M. G. Bertrand.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le jeu de pile ou face et les formules de Laplace*. Note [1] de M. **Mirimanoff**, présentée par M. Hadamard.

Considérons une série de s épreuves comportant deux événements contradictoires A et B de probabilités constantes p et q (conditions de Bernoulli). Pour calculer la probabilité

$$T_l=\frac{s!}{(sp+l)!\,(sq-l)!}p^{sp-l}q^{sq-l},$$

d'un écart $l=m-sp$ (où m est le nombre de réalisations de A), on se sert habituellement de la formule approchée

$$(1)\qquad T_l=\frac{1}{\sqrt{2\pi spq}}e^{-\frac{l^2}{2spq}}=\frac{1}{\sqrt{2\pi spq}}e^{-t^2},$$

$t=\dfrac{l}{\sqrt{2spq}}$ étant l'écart réduit.

---

(1) Séance du 3 mai 1926.

Diverses formules ont été, de même, indiquées pour calculer la probabilité P_l d'un écart compris entre deux limites $-l$ et l, auxquelles correspondent les valeurs $-t$ et t de l'écart réduit.

Des tentatives intéressantes ont été faites pour évaluer les erreurs commises en appliquant ces formules. Je citerai, en particulier, les travaux de P.-A. Nekrassoff, de Mansion et de M. de la Vallée Poussin. Mais les limitations fort remarquables obtenues par ces géomètres ne suffisent pas toujours dans la pratique. Aussi ai-je pensé qu'il serait utile de les préciser davantage. Je me bornerai au cas symétrique $\left(p = q = \frac{1}{2}\right.$, jeu de pile ou face$\left.\right)$.

Partons de l'expression suivante de T_l qu'on établit sans peine :

$$(2)\qquad T_l = \sqrt{\frac{2}{\pi s}}\, e^{-t^2 + (f+\varphi)\frac{1}{s}},$$

$$f = 2\int_0^t \frac{z - 2tz^2 + 2z^3}{1 - \frac{2z^2}{s}}\,dz, \qquad \frac{\varphi}{s} = u_s - u_{\frac{s}{2}+l} - u_{\frac{s}{2}-l},$$

où $u_s = \frac{1}{12s} - \frac{1}{360s^3} + \frac{\vartheta}{1260s^5}$, ϑ étant un nombre positif < 1 (formule de Stirling).

En développant $\frac{f}{s}$ suivant les puissances croissantes de $\frac{1}{s}$, on trouve

$$(3)\qquad \frac{1}{s}f = \sum_{i=1}^{k} 2^i t^{2i}\left[\frac{1}{2i} - \frac{t^2}{(2i+1)(i+1)}\right]\frac{1}{s^i} + \frac{2^{k+1}}{s^{k+1}}\int_0^t \frac{z^{2k+1} - 2tz^{2k+2} + 2z^{2k+3}}{1 - \frac{2z^2}{s}}\,dz.$$

Si l'on arrête le développement au terme en $\frac{1}{s^2}$, on en tire immédiatement la formule donnée par Lord Rayleigh (¹).

Supposons que t fasse partie des intervalles suivants :

$$(4)\qquad \begin{cases} |t| \leqq 3 & \text{pour} \quad 32 \leqq s < 50, \\ |t| \leqq 4 & \text{pour} \quad s \geqq 50. \end{cases}$$

(Dans la pratique l'écart $t = 2,5$ est rarement dépassé.) On peut montrer qu'à l'intérieur de ces intervalles, $f + \varphi$ vérifie les inégalités

$$(5)\qquad f + \varphi < 0,547, \qquad |f + \varphi| < 0.56\, e^{\frac{t^2}{2}}.$$

(¹) *Philosophical Magazine*, 37, 1919, p. 321-347.

Posons $f+\varphi=\left(-\frac{1}{4}+t^2-\frac{t^4}{3}\right)+\chi\frac{1}{s}\cdot$ On peut montrer qu'à l'intérieur des mêmes intervalles

(6) $$|\chi|<\frac{1}{9}e^{t^2}.$$

On en tire

(7) $$T_l=\sqrt{\frac{2}{\pi s}}e^{-t^2}\left\{1+\left(-\frac{1}{4}+t^2-\frac{t^4}{3}\right)\frac{1}{s}\right\}+\frac{\varepsilon}{s^2\sqrt{\frac{s}{2}}},$$

où $|\varepsilon|<0,1$. Plus exactement ε est compris entre $-0,0627$ et $0,0372$ si χ est négatif, et entre 0 et 0,0999 si χ est positif.

Prenons l'exemple déjà envisagé par Nekrassoff et Markoff [1]. Soit $s=20000$, $l=200$, $t=2$. La formule (7) donne alors

$$T_l=0,000103326746 08,$$

avec au moins onze décimales exactes. Ce résultat a été confirmé par M. Duarte qui a eu la patience de calculer directement T_l, avec 15 décimales exactes.

En appliquant maintenant à la formule (7) la formule sommatoire d'Euler, on obtient

(8) $$P_l=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t e^{-t^2}+T_l+\frac{e^{-t^2}}{3\sqrt{\pi}}\left(-\frac{7}{2}t+t^3\right)\frac{1}{s}+\frac{\lambda t}{s^2},\qquad \lambda<0,75.$$

On en tire l'expression de l'erreur commise dans les formules ci-dessus mentionnées. Je tiens à ajouter qu'une partie des résultats établis s'étendent au cas général de $p\neq q$. De plus, les limites fixes 3 et 4 des inégalités (4) peuvent être remplacées par des limites plus grandes, fixes ou variables.

Soit encore $s=20000$, $l=200$, $t=2$. La formule (8) fournit la valeur $P_{200}=0,9954 25763$ avec au moins 8 décimales exactes. Nous avons retrouvé, M. Duarte et moi, les 7 premières décimales en calculant cette probabilité par la méthode des fractions continues de Markoff [1] (les six premières décimales avaient déjà été indiquées par Markoff).

---

(1) *Bulletin de la Soc. Physico-Mathém. de Kasan*, 9, 1899, p. 29-34.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles linéaires à coefficients presque périodiques.* Note de M. J. **Favard**, présentée par M. Hadamard.

Les fondements de l'étude des équations différentielles linéaires à coefficients quasi périodiques ont été posés par Bohl [1]. Nous nous sommes proposé d'étendre ses résultats aux coefficients presque périodiques; le point de départ de nos recherches est un théorème de M. Bochner [2]. Toute fonction presque périodique $f(t)$, d'une variable réelle t, est une fonction normale et réciproquement [cela signifie que de toute suite de fonctions $f(t+h_n)$ $(n=0, 1, 2, \ldots)$, où les h_n sont des nombres réels, on peut extraire une suite $f(t+h_{n\nu})$ $(\nu=0, 1, 2, \ldots)$ qui converge uniformément dans $-\infty < t < +\infty$ vers une fonction limite $f^*(t)$, elle-même presque périodique]. Il semble d'ailleurs que Bohl connaissait ce résultat pour les fonctions quasi périodiques.

En même temps que la fonction presque périodique $f(t)$, on est amené à considérer les fonctions $f(t+h)$ et $f^*(t)$ qui sont limites d'une suite uniformément convergente de fonctions $f(t+h)$ et nous désignons par $H[f(t+h)]$ l'ensemble de ces fonctions.

I. *Intégration.* — 1° L'intégrale d'une fonction presque périodique, si elle est bornée, est aussi presque périodique : ce théorème est dû à Bohl (*loc. cit.*) et à M. Bohr [3]; notre méthode de démonstration consiste à prouver que, dans ce cas, l'intégrale est, elle aussi, une fonction normale.

2° Si la fonction $f(t)$, à valeur moyenne nulle, n'a pas d'intégrale bornée, il existe alors dans l'ensemble $H[f(t+h)]$ au moins deux fonctions f^+ et f^- telles que

$$\int_0^t f^+(t)\,dt \geqq 0 \quad \text{et} \quad \int_0^t f^-(t)\,dt \leqq 0.$$

II. *Les systèmes différentiels linéaires.* — Soit S_t un système :

$$(S_t) \quad \frac{dx_i}{dt} = f_{i,1}(t)x_1 + f_{i,2}(t)x_2 + \ldots + f_{i,n}(t)x_n + g_i(t) \qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

(1) *Journal de Crelle*, **131**, 1906, p. 268-321.
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1156.
(3) *Acta Mathematica*, 45, 1924, p. 123.

où les fonctions f et g sont presque périodiques et t réel.

En même temps que (S_t) nous considérons les systèmes

$$\frac{dx_i}{dt} = f^*_{i,1}(t)\,x_1 + \ldots + f^*_{i,n}(t)\,x_n + g^*_i(t) \qquad (i=1, 2, \ldots, n)$$

avec

$$f^*_{i,k}(t) = \lim_{\nu \to \infty} f_{i,k}(t+h_\nu); \qquad g^*_i(t) = \lim_{\nu\to\infty} g_i(t+h_\nu)$$

et nous désignerons leur ensemble par $H(S_{t+h})$; nous considérerons aussi le système homogène (Σ_t) correspondant à (S_t) et l'ensemble $H(\Sigma_{t+h})$. Les résultats sont alors les suivants :

1° Si le système non homogène (S_t) a une solution bornée et si aucun des systèmes de l'ensemble $H(\Sigma_{t+h})$ n'a de solution bornée (sauf, bien entendu, la solution triviale $x_i = 0$), alors la solution bornée de (S_t) est composée de fonctions presque périodiques et il en est de même pour tout autre système de l'ensemble $H(S_{t+h})$.

Ce théorème contient, comme cas particuliers, les résultats connus de M. Esclangon et ceux encore inédits de M. Neugebauer sur les équations à coefficients constants.

2° Appelons valeur absolue d'une solution $[x_1(t), x_2(t), \ldots, x_n(t)]$, des systèmes que nous considérons, la racine carrée de la quantité

$$|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2 :$$

si (Σ_t) n'a pas de solution dont la valeur absolue peut devenir aussi petite qu'on veut, et si (S_t) a des solutions bornées, l'une d'elles, au moins, est composée de fonctions presque périodiques et il en est également ainsi pour tout système de l'ensemble $H(S_{t+h})$. Celle $[\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n]$, que notre méthode nous permet de définir, possède, relativement à toute autre solution $[x_1, \ldots, x_n]$ du système S_t, la propriété suivante :

$$\overline{\lim_{-\infty<t<\infty}}(|\xi_1|^2 + |\xi_2|^2 + \ldots + |\xi_n|^2) \leqq \overline{\lim_{-\infty<t<\infty}}(|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2).$$

III. *Une équation de la théorie des perturbations.* — Il s'agit de l'équation

$$(1) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \varphi(t)x + \psi(t),$$

où φ et ψ désignent des fonctions presque périodiques réelles de t. Considérons d'abord l'équation sans second membre

$$(2) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \varphi(t)x.$$

Nous avons examiné trois cas :

1° L'équation (1) n'a que des solutions bornées : elles sont alors de la forme

$$\mathfrak{R} + \frac{k}{\sqrt{R}} \cos\left(\int_c^t R\,dt\right),$$

où $\mathfrak{R}$ et R désignent des fonctions presque périodiques, la deuxième positive; k et c sont les constantes d'intégration. Ces solutions sont toutes presque périodiques si

$$\int_c^t R\,dt = ht + \text{fonction presque périodique.}$$

2° L'équation (2) n'a qu'une seule solution bornée S, telle que $S^2 + S'^2$ reste supérieur à une quantité positive : alors S est presque périodique; si (1) a de plus une solution bornée, elle est aussi presque périodique.

3° Lorsque $\varphi(t) \geqq 0$, la solution générale de l'équation (1) est

$$\mathfrak{T} + \frac{k}{\sqrt{T}} \operatorname{ch}\left(\int_c^t T\,dt\right),$$

où $\mathfrak{T}$ et T sont des fonctions presque périodiques de t, la dernière positive.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformation d'un système de deux équations aux dérivées partielles en involution, en une équation unique du premier ordre.* Note de M. **E. Gau**, présentée par M. E. Goursat.

J'ai montré [1] qu'on peut transformer un système en involution de deux équations du deuxième ordre en une équation unique du premier.

Ce résultat peut être généralisé aux systèmes en involution formés d'une équation du second ordre et d'une équation d'ordre quelconque, ce qui explique les analogies qu'on rencontre dans l'étude de ces deux problèmes. Soit en effet le système

$$(1)\quad \begin{cases} r + f(x, y, z, p, q) = 0, \\ p_{1,n-1} + m_1 p_{0,n} + \varphi(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}) = 0. \end{cases}$$

La première de ces équations permet d'exprimer toutes les dérivées $p_{i,k}$

[1] *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 676.

au moyen de celles dont le premier indice est o ou 1; celles-ci subsisteront donc seules dans les formules.

Considérons alors la transformation

$$(2)\qquad \begin{cases} x' = \mathrm{X}(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}), \\ y' = \mathrm{Y}(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}), \\ z' = \mathrm{Z}(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}). \end{cases}$$

A toute surface de l'espace (x, y, z), ces formules font correspondre une surface de l'espace (x', y', z'). En posant $\frac{\partial z'}{\partial x'} = p'$, $\frac{\partial z'}{\partial y'} = q'$, ces dérivées seront données par les relations

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\mathrm{Z}}{dx} = p' \dfrac{d\mathrm{X}}{dx} + q' \dfrac{d\mathrm{Y}}{dx}, \\ \dfrac{d\mathrm{Z}}{dy} = p' \dfrac{d\mathrm{X}}{dy} + q' \dfrac{d\mathrm{Y}}{dy}. \end{cases}$$

Nous désignons, comme d'habitude, par $\frac{d\mathrm{X}}{dx}, \frac{d\mathrm{Y}}{dx}, \frac{d\mathrm{Z}}{dx}$ les dérivées des fonctions X, Y, Z par rapport à x, prises sur une surface intégrale; de même pour $\frac{d\mathrm{X}}{dy}, \frac{d\mathrm{Y}}{dy}, \frac{d\mathrm{Z}}{dy}$.

Un calcul très simple, montre alors que l'expression $\frac{d\mathrm{X}}{dx} + m_1 \frac{d\mathrm{X}}{dy}$ ne dépend pas des dérivées d'ordre supérieur à $n - 1$, si l'on tient compte des équations (1); les seules quantités qui figurent dans cette expression sont donc $x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}$, c'est-à-dire les mêmes dont dépend la fonction X elle-même; il est donc possible, et d'une infinité de manières, de choisir pour X, Y et Z trois intégrales particulières des équations suivantes, dans lesquelles les seconds membres sont des fonctions P, Q, R arbitrairement choisies (¹).

$$(4)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\mathrm{X}}{dx} + m_1 \dfrac{d\mathrm{X}}{dy} = \mathrm{P}(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}), \\ \dfrac{d\mathrm{Y}}{dx} + m_1 \dfrac{d\mathrm{Y}}{dy} = \mathrm{Q}(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}), \\ \dfrac{d\mathrm{Z}}{dx} + m_1 \dfrac{d\mathrm{Z}}{dx} = \mathrm{R}(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}). \end{cases}$$

En ajoutant les équations (3), après avoir multiplié la seconde par m_1,

(¹) Il faudra toutefois choisir X et Y de manière qu'on n'ait pas $\psi(\mathrm{X}, \mathrm{Y}) = 0$.

et en tenant compte des équations (4), on a immédiatement

$$p'P(X, Y, Z) + q'Q(X, Y, Z) = R(X, Y, Z),$$

c'est-à-dire

$$p'P(x', y', z') + q'Q(x', y', z') = R(x', y', z'). \tag{5}$$

La transformation de (2) fait donc correspondre à toute surface intégrale du système (1) une surface intégrale de l'équation (5).

Réciproquement, soit $F(x', y', z') = 0$ une surface intégrale de l'équation (5); les surfaces intégrales correspondantes des équations (1), si elles existent, vérifieront en même temps l'équation $F(X, Y, Z) = 0$. Il faut étudier ces solutions.

Soit C une caractéristique des équations (1) : on sait que le long de cette caractéristique, les quantités y, z, p, q, sont fonctions de x, et l'on a $dy = m_1\, dx$.

Si nous portons ces valeurs dans $F(X, Y, Z)$, cette expression devient une fonction de la seule variable x que nous désignerons par $\Phi(x)$. On a évidemment

$$\frac{d\Phi}{dx} = \frac{\partial F}{\partial X}\left(\frac{dX}{dx} + m_1 \frac{dX}{dy}\right) + \frac{\partial F}{\partial Y}\left(\frac{dY}{dx} + m_1 \frac{dY}{dy}\right) + \frac{\partial F}{\partial Z}\left(\frac{dZ}{dx} + m_1 \frac{dZ}{dy}\right)$$

ou, en tenant compte des relations (4),

$$\frac{d\Phi}{dx} = \frac{\partial F}{\partial X} P + \frac{\partial F}{\partial Y} Q + \frac{\partial F}{\partial Z} R.$$

Mais le second membre est identiquement nul, puisque F est une solution de l'équation (5). Nous en concluons que, sur toute caractéristique des équations (1), l'expression $F(X, Y, Z)$ se réduit à une constante : il suffit qu'elle soit nulle en un point pour qu'elle soit nulle tout le long de la caractéristique.

Un raisonnement classique montre alors que le système formé par les équations (1) et l'équation $F(X, Y, Z) = 0$, admet bien des intégrales communes, qui s'obtiennent par l'intégration d'une équation différentielle ordinaire. Le système (1) et l'équation (5) se ramènent donc l'un à l'autre par la transformation (2).

Il est à remarquer, si l'on voulait faire effectivement la transformation dans la pratique, qu'on dispose des seconds membres P, Q, R; on les choisira de manière à faciliter la recherche des trois intégrales particulières du système (4). Par exemple, on voit qu'on pourra toujours prendre $X = x$ avec $P = 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode de Darboux aux équations* $s = f(x, y, z, p, q)$. Note [1] de M. **Lainé**, présentée par M. Goursat.

J'appellerai *équations de Goursat* les équations de la forme

$$s = f(x, y, z, p, q) \tag{1}$$

qui admettent, outre les invariants x et y, un invariant du second ordre au plus pour *chaque* système de caractéristiques. Dans deux Mémoires fondamentaux [2], M. Goursat a formé et intégré explicitement toutes ces équations.

Au premier chapitre de sa thèse [3], M. Gosse recherche les équations (1) qui admettent un invariant du second ordre pour le système de caractéristiques (x), sans faire aucune hypothèse sur le système de caractéristiques (y). Il conclut en particulier que, si f n'est pas linéaire en q, l'équation (1) est une équation de Goursat.

Ce point n'est pas entièrement exact. Après avoir mis l'équation (1) sous la forme

$$s\frac{\partial a}{\partial p} = b(x, y, z, q) - \frac{\partial a}{\partial y} - q\frac{\partial a}{\partial z} \qquad \left(\frac{\partial a}{\partial q} = 0, \quad \frac{\partial^2 b}{\partial q^2} \neq 0\right),$$

M. Gosse considère le cas particulier où

$$\frac{\partial^2 b}{\partial q^2} = \lambda(x, y, z)\, q^{-\frac{3}{2}};$$

et il en déduit

$$b = \omega(x, y, z)\, q^{\frac{1}{2}}.$$

Il faut écrire en réalité

$$b = \omega(x, y, z)\, q^{\frac{1}{2}} - \omega_1(x, y, z) - \omega_2(x, y, z)\, q,$$

car les équations

$$s\frac{\partial a}{\partial p} = \omega q^{\frac{1}{2}} - \frac{\partial a}{\partial y} - q\frac{\partial a}{\partial z} \qquad \text{et} \qquad s\frac{\partial a}{\partial p} = \omega q^{\frac{1}{2}} - \left(\omega_1 + \frac{\partial a}{\partial y}\right) - q\left(\omega_2 + \frac{\partial a}{\partial z}\right)$$

n'ont pas le même degré de généralité.

---

(1) Séance du 3 mai 1926.

(2) *Annales de la Faculté de Toulouse*, 2e série, 1, 1899, p. 31 et 439.

(3) *Annales de la Faculté de Toulouse*, 3e série, 12, 1920, p. 107. Cf. aussi le fascicule 12 du *Mémorial des Sciences mathématiques*, p. 30.

J'ai déterminé les équations qui échappent à l'analyse de M. Gosse. Elles se ramènent à des équations de Goursat, ou à l'un des types

$$(E_1) \qquad s = p\left[\frac{\varepsilon\sqrt{q}}{z-y} + \left(\frac{1}{z-y} + \frac{1}{z-x}\right)q\right] \qquad (\varepsilon = \pm 1).$$

$$(E_2) \quad s = 2\left[(z+X)^2 + p + \varepsilon(z+X)\sqrt{(z+X)^2+p}\right] \times \left[\frac{\varepsilon'\sqrt{q}}{z-y} + \left(\frac{1}{z-y} - \frac{1}{\varepsilon\sqrt{(z+X)^2+p}}\right)q\right] \qquad (\varepsilon = \pm 1,\ \varepsilon' = \pm 1),$$

X désignant une fonction arbitraire de la seule variable x. Comme on peut s'en assurer directement, l'équation (E_1) admet pour le système (x) l'invariant

$$\frac{r}{p} - \frac{p}{2}\left(\frac{1}{z-y} + \frac{3}{z-x}\right) + \frac{1}{z-x},$$

et l'équation (E_2) l'invariant

$$\frac{r}{2p}\left[1 - \frac{z+X}{\varepsilon\sqrt{(z+X)^2+p}}\right] - \frac{(z+X)^2 + p + \varepsilon(z+X)\sqrt{(z+X)^2+p}}{z-y} + z + \frac{(z+X)^2+2p}{\varepsilon\sqrt{(z+X)^2+p}}.$$

On sait que, pour qu'il existe un invariant du second ordre pour le système (y), il faut qu'on puisse déterminer une fonction $\lambda(x, y, z, q)$ telle que

$$\frac{\partial\lambda}{\partial x} + p\frac{\partial\lambda}{\partial z} + f\frac{\partial\lambda}{\partial q} - \lambda\frac{\partial f}{\partial q} = 0.$$

Cette condition, appliquée aux équations (E_1) et (E_2), montre qu'elles ne sont pas des équations de Goursat, sauf, pour la seconde, quand X se réduit à une constante : elle se ramène alors au type (IV) des équations de Goursat par une transformation ponctuelle simple. Ce cas particulier excepté, il est impossible de ramener les équations (E_1) et (E_2) aux équations de Goursat par une transformation de contact.

J'ajouterai, en ce qui concerne l'équation (E_1), qu'elle vérifie les deux conditions nécessaires, indiquées par M. Gau [1], pour qu'une équation telle que (1) admette un invariant d'ordre $m > 2$ pour le système de caractéristiques (y). On ne peut donc pas affirmer que cette équation n'est pas de la première classe.

---

[1] *Thèse*, Paris, Gauthier-Villars, 1911, p. 37.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une transformation du problème de Neumann.* Note de M. S. Zaremba.

Dans un Mémoire déjà ancien [*Sur le principe du minimum* (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*, 1909)], j'ai signalé l'existence d'un théorème qui, en se servant des notations du calcul vectoriel, peut être énoncé comme il suit : considérons, dans l'espace, un domaine (D) ouvert et borné mais d'ailleurs quelconque ainsi qu'un vecteur φ, fonction arbitrairement donnée de son origine à cela près que l'intégrale

$$\int_{(D)} \varphi^2 \, d\tau,$$

où $d\tau$ représente l'élément de volume, ait une valeur finie, bien déterminée; il existera alors une fonction u, parfaitement déterminée à l'intérieur du domaine (D) à une constante additive près par les conditions suivantes :

1° Elle vérifie l'équation de Laplace à l'intérieur du domaine (D);

2° L'intégrale $\int_{(D)} \{\operatorname{grad} u\}^2 d\tau$ est finie;

3° On a :

$$\int_{(D)} \{\varphi - \operatorname{grad} u\} . \{\operatorname{grad} h\} \, d\tau = 0$$

pour toute fonction h vérifiant l'équation de Laplace à l'intérieur du domaine (D) et telle que l'intégrale $\int_{(D)} \{\operatorname{grad} h\}^2 d\tau$ soit finie.

Ce théorème subsiste en réalité pour un espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions.

Dans le Mémoire cité plus haut, je prouve que, lorsque le vecteur φ est lui-même un gradient, ce qui arrive lorsque son rotationnel est nul, le problème de la détermination de la fonction u équivaut au problème de Dirichlet lorsque celui-ci est possible.

Actuellement je ferai remarquer (ce que l'on vérifiera avec quelque attention) qu'au cas où la divergence du vecteur donné φ est nulle, le problème de la détermination de la fonction u équivaut au problème de Neumann (appelé quelquefois « problème hydrodynamique ») lorsque ce problème est possible.

En définitive, le théorème énoncé au début de cette Note permet de

substituer, tant au problème de Dirichlet qu'à celui de Neumann, un problème dont la possibilité n'est subordonnée à aucune espèce de conditions de régularité de la frontière du domaine considéré. Pour reconnaître le parti qu'il est possible de tirer d'une substitution de ce genre, il suffira de se reporter au Mémoire de M. Bouligand, qui forme le fascicule XI du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la continuité d'ordre zéro en hydrodynamique*. Note de M. **Georges Bouligand**.

Un récent échange de vues avec M. S. Zaremba, qui a bien voulu me communiquer le théorème sur le *problème de Neumann* qu'il publie ci-dessus m'a amené à envisager une nouvelle forme d'énoncé concernant la solution de ce problème.

Appelons Σ la paroi d'un vase clos, empli d'un fluide incompressible, en mouvement irrotationnel. Cette paroi Σ change de forme et de position avec le temps, suivant une loi donnée. A un instant t, chaque élément matériel de Σ possède une vitesse donnée $\vec{V}$. Cette vitesse et celle de la particule fluide qui est alors en contact avec l'élément considéré doivent avoir même composante normale, dans le cas où Σ admet des plans tangents. On est conduit à exprimer que la dérivée normale du potentiel des vitesses est égale à la composante normale de $\vec{V}$. Pour transformer cette condition en une autre qui lui soit équivalente dans le cas précédent et qui s'applique à des cas plus généraux, nous aurons recours au flux de $\vec{V}$ à travers une portion quelconque σ de Σ : en passant du point de vue physique au point de vue analytique, ceci nous amènera à introduire, à l'exemple donné par M. H. Lebesgue dans d'autres questions (¹), une fonction additive d'un sous-ensemble σ de Σ. Nous remplacerons alors la donnée locale : *composante normale de* $\vec{V}$, par la donnée de la fonction d'ensemble précédente, c'est-à-dire nous donnerons le *flux du gradient du potentiel des vitesses* à travers chaque sous-ensemble σ de Σ.

Nous nous acheminons ainsi vers une nouvelle conception du problème de Neumann : étant donné un domaine ouvert Ω, de frontière Σ, considé-

(¹) Voir la *Notice sur les travaux scientifiques de M. H. Lebesgue*, page 25; Édouard Privat, Toulouse, 1922.

rons l'ensemble des fonctions harmoniques dans Ω et n'ayant sur Σ que des singularités compatibles avec l'existence d'un flux de gradient, fonction additive bien déterminée pour chaque sous-ensemble σ de Σ.

Considérons d'autre part un champ vectoriel $\vec{V}$, continu ainsi que les dérivées premières de ses composantes dans une sphère contenant Ω tout entier à son intérieur, champ dont nous supposerons la divergence nulle. A ce champ est associée une transformation infinitésimale qui permet de définir le flux de $\vec{V}$ à travers chaque sous-ensemble σ de Σ, à l'aide d'un volume infiniment petit. Il existe une fonction harmonique et une seule, définie à une constante additive près, dont le gradient a même flux que $\vec{V}$ à travers chaque portion de Σ. Cette fonction coïncide avec la solution de M. S. Zaremba dans les conditions indiquées par lui.

En outre, nous retrouvons sous cette forme la continuité d'ordre zéro : physiquement, cela signifie qu'en étudiant les mouvements pris par deux liquides dans deux vases dont les parois varient suivant des lois données, mais dans des conditions voisines, sans plus, ces mouvements sont voisins.

Il est clair que les considérations précédentes s'étendent aux problèmes mixtes qu'on rencontre dans l'hypothèse d'une surface libre. Prenons par exemple le mouvement d'un liquide dans un bassin à paroi fixe. Sa dépendance vis-à-vis de la paroi est régie par la continuité d'ordre zéro. Si la paroi est dépourvue de plan tangent, on substituera à la condition $\frac{d\varphi}{dn} = 0$ celle que le flux de liquide par unité de temps à travers chaque portion de la paroi est nul.

AÉRONAUTIQUE. — *Étude théorique du vol ramé.* Note [1] de M. **A. Alayrac**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans deux Communications antérieures [2] j'ai indiqué une méthode pour l'étude du mouvement d'un planeur dans une atmosphère agitée, et j'en ai déduit les conditions auxquelles doivent satisfaire les éléments de la structure du vent pour que la sustentation du planeur sans moteur soit possible dans une telle atmosphère. La même méthode permet de montrer la possibilité de la sustentation d'un planeur en atmosphère calme par le déplace-

(1) Séance du 3 mai 1926.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 260 et 493.

ment, l'un par rapport à l'autre, des organes de l'appareil et peut fournir une explication très simple du vol ramé par une simple translation des ailes. Cette hypothèse a été envisagée déjà en 1910, dans une étude de M. Étévé [1]. Supposons un planeur composé d'un corps rigide invariable et d'une surface portante de masse négligeable par rapport à la masse totale, susceptible de se déplacer par rapport à l'ensemble, et animons cette surface d'un mouvement de translation. Si l'on cherche la trajectoire d'un point de l'aile par rapport aux axes fixes, cette trajectoire sera la même que la trajectoire relative du centre de gravité d'un planeur rigide dans une atmosphère animée du mouvement de l'aile par rapport au centre de gravité.

Le problème est donc identique à celui que j'ai traité. La solution en paraît plus facile, parce que le mouvement de l'aile est à la disposition du pilote. Mais le mouvement doit être tel que la trajectoire d'un point de l'aile soit une courbe fermée, si l'on veut réaliser un mouvement permanent, ou tout au moins, soit comprise constamment à l'intérieur d'un cycle fermé.

Pour obtenir quelques précisions quantitatives, j'ai considéré tout d'abord une translation rectiligne alternative inclinée sur la verticale de l'angle φ. Le point de l'aile part du point O avec une vitesse initiale W_0 et une accélération constante γ, de sens contraire à la vitesse initiale. Il revient en O au bout du temps $\frac{W_0}{\gamma}$ avec une vitesse égale à W_0 et de sens contraire. A ce moment l'accélération change brusquement de signe et devient $-\gamma_2$.

Le mouvement continue, l'accélération changeant de signe à chaque passage au point initial.

Dans chaque demi-période, il existe un mouvement de régime rectiligne à vitesse constante, incliné sur l'horizontale d'un angle λ égal à l'angle de la résultante de g et de γ avec la verticale. Il y aura montée pendant la première demi-période si $\lambda_1 > \beta_1 \left(\tang \beta_1 = \frac{Rx}{Rz}\right)$, la pente de montée étant $\lambda_1 - \beta_1$, et descente de pente $\lambda_2 + \beta_2$ pendant la deuxième demi-période.

La condition de la sustentation sera

$$\frac{1}{\sqrt{R_1}} \frac{\gamma_1 \sin(\varphi + \beta_1) - g \sin\beta_1}{\gamma_1 \sqrt[4]{(g^2 + \gamma_1^2 - 2g\gamma_1 \cos\varphi)^3}} \geqq \frac{1}{\sqrt{R_2}} \frac{\gamma_2 \sin(\varphi + \beta_2) + g \sin\beta_2}{\gamma_2 \sqrt[4]{(g^2 + \gamma_2^2 + 2g\gamma_2 \cos\varphi)^3}},$$

[1] Capitaine Étévé, *Le secret du vol des oiseaux* (*Technique aéronautique*, 1, 1910, p. 241).

où R_1 et R_2 sont les rayons vecteurs de la polaire du planeur pour β_1 et β_2.

Cette méthode suppose l'établissement du régime rectiligne. Elle exige une manœuvre au moment du changement d'accélération pour rétablir les conditions initiales nécessaires, manœuvre qui occasionnera une descente supplémentaire dont il faut tenir compte.

Une solution plus complète consiste à déterminer un mouvement continu de l'aile donnant une trajectoire continue périodique.

Soient u et v les projections de la vitesse V, Γ_x et Γ_y les projections de l'accélération de l'aile au temps t, les équations du mouvement sont, si l'on admet que l'angle d'attaque est maintenu constant,

$$\Gamma_x = \frac{du}{dt} + \left(\frac{R_x}{m} u + \frac{R_z}{m} v\right) V,$$
$$\Gamma_y = \frac{dv}{dt} + \left(\frac{R_x}{m} v - \frac{R_z}{m} u\right) V + g,$$

Γ_x et Γ_y, composantes de l'accélération de l'aile, correspondront à une trajectoire fermée, si elles peuvent être représentées par des fonctions périodiques de $\alpha = \lambda t$, telles que

$$\int_0^{2\pi} \Gamma_x d\alpha = 0 \quad \text{et} \quad \int_0^{2\pi} \Gamma_y d\alpha = 0,$$

les fonctions u et v devront donc être des fonctions périodiques de λt, telles que

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u V\, d\alpha = \frac{g R_z}{R^2} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v V\, d\alpha = -\frac{g R_x}{R^2}.$$

Toute solution de ces équations telle que

$$\int_0^{2\pi} u\, d\alpha > 0 \quad \text{et} \quad \int_0^{2\pi} v\, d\alpha \geqq 0$$

donne une solution continue du vol ramé. J'ai calculé une application à la trajectoire imposée définie par $v = v_0 - a \sin \lambda t$, $V = V_0 + a \sin \lambda t$, en développant $u = \sqrt{V^2 - v^2}$. Le calcul montre qu'avec une vitesse moyenne V_0 voisine de $V_1 \sqrt{\cos\beta}$, V_1 étant la vitesse de descente planée, le mouvement peut être ascendant, et que la trajectoire relative de l'aile est très voisine d'une ellipse.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul de l'avance du périhélie de Mercure sous l'action des autres planètes.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Brillouin.

Le problème de la détermination de l'avance du périhélie de Mercure par rapport à la théorie newtonienne des grosses planètes se décompose naturellement en deux parties : d'une part le calcul des actions séculaires de chacune des autres planètes, actions qui sont toutes des avances, en fonction des masses de ces planètes et des différents éléments et constantes du système solaire; d'autre part l'interprétation de la multitude des observations et le choix de l'avance totale *observée*. Dans le calcul des avances théoriques entrent ainsi les valeurs des masses et d'autres quantités observées, mais à un certain degré d'approximation les modifications apportées à ces quantités deviennent indifférentes pratiquement; et ce degré est atteint, sauf peut-être pour les valeurs des masses, que l'on corrige, puisqu'il s'agit du premier ordre, par de simples règles de trois.

Il importe de remarquer que cette première partie du problème est résolue actuellement d'une manière satisfaisante : les calculs de Le Verrier et de Newcomb, à partir du développement de la fonction perturbatrice, et le calcul d'Eric Doolittle, fondé sur la méthode de Gauss, conduisent à des résultats pratiquement identiques. Un malentendu, que je voudrais dissiper, s'est toutefois introduit dans la question, parce que *Newcomb ne compte pas la longitude du périhélie selon la définition classique : il compte* (1) *cette longitude dans le plan du mouvement osculateur, c'est-à-dire par intégration de la vitesse angulaire relative du périhélie dans ce plan*, et il réduit ainsi l'équation classique en $\frac{d\varpi}{dt}$ au premier terme, sans ajouter le terme $2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}$.

Le Verrier a calculé (2) deux fois l'avance séculaire du périhélie de Mercure et a obtenu successivement, sous l'action de Vénus, la Terre,

(1) *Astronomical Papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*, 5, p. 329 et 335; *The elements of the four inner Planets and the fundamental Constants of Astronomy*, Washington, 1895, p. 184. Cf. Chazy, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1054.

(2) *Annales de l'Observatoire de Paris*, 5, 1859, p. 21 et 99.

Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, les avances respectives

281″; 83″; 3″; 152″; 8″;
280″,64; 83″,61; 2″,55; 152″,59; 7″,24; 0″,14; 0″,06.

Le Verrier juge qu'il y a identité entre les deux résultats, bien que dans le second calcul il n'ait rien emprunté au premier : avec les valeurs des masses (¹) introduites par Newcomb dans ses Tables, les avances du second calcul deviennent

276″,41; 90″,09; 2″,47; 152″,98; 7″,26; 0″,15; 0″,04,

et l'avance totale 529″,40.

Hill a calculé (²) aussi, par la méthode de Gauss, les perturbations séculaires des éléments de Mercure sous l'action de Vénus, et a obtenu pour avance du périhélie, avec la masse définitive de Newcomb, 276″,2770.

Si dans les perturbations obtenues (³) par Newcomb à partir du premier terme de l'équation en $\frac{d\varpi}{dt}$ et à l'époque 1850, on introduit les masses définitives, ces perturbations deviennent

277″,74; 90″,77; 2″,49; 154″,08; 7″,31; 0″,14; 0″,04,

et le terme $2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}$ donne de même les perturbations séculaires

−1″,45; −0″,74; −0″,01; −1″,10; −0″,05,

soit −3″,35 au total : d'où les avances de la longitude du périhélie, selon la définition classique

276″,29; 90″,03; 2″,48; 152″,98; 7″,26; 0″,14; 0″,04,

et l'avance totale 529″,22.

Enfin, en introduisant dans le calcul (⁴) de Doolittle les masses défini-

---

(¹) Ce sont les valeurs qui figurent dans la *Connaissance des Temps*.

(²) *Astronomical Papers*, **1**, 1882, p. 342.

(³) *Astronomical Papers*, **5**, 1886, p. 375.

(⁴) *Transactions of the American philosophical Society*, **22**, new series, 1912, Part 2, p. 179. Les corrections déduites de la quantité $2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}$ correspondent exactement aux écarts que Doolittle a constatés entre ses résultats et ceux de Newcomb.

tives de Newcomb, on obtient les avances partielles

276″,2779; 90″,0421; 2″,4720; 152″,9802; 7″,2602; 0″,1369; 0″,0424,

et l'avance totale 529″,2117.

L'accord des différents calculs est remarquable : l'écart est de l'ordre du centième de seconde d'arc en un siècle entre Newcomb et Doolittle, voisin de deux dixièmes de seconde entre eux et Le Verrier.

La valeur 529″,21 est un peu inférieure aux valeurs 530″,46 et 529″,7065, calculées respectivement avec le second système ([1]) de masses provisoires de Newcomb et avec les masses de Doolittle. Par soustraction de la valeur 572″,70, qui correspond au nombre $e\delta\varpi = 118'',24$, tiré par Newcomb des observations, et qui, on l'a remarqué souvent, présente une grande incertitude, la valeur 529″,21 donne comme avance séculaire du périhélie de Mercure par rapport à la théorie newtonienne des grosses planètes le nombre 43″,49.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Sur des expressions invariantes se rencontrant en électrodynamique dans les systèmes en mouvement.* Note de M. **Henri Malet**, présentée par M. d'Ocagne.

On sait que les équations de Maxwell sont transformées par le groupe de Lorentz en équations de même forme, à la condition d'admettre les relations suivantes entre les valeurs des champs électrique E(X, Y, Z) et magnétique H(L, M, N) observées dans un premier système et les valeurs E′ et H′ des champs correspondants observées dans un système en mouvement relatif uniforme de vitesse v par rapport au premier :

$$E'\begin{cases} X' = X, \\ Y' = \frac{1}{\lambda}\left(Y - \frac{v}{c}N\right), \\ Z' = \frac{1}{\lambda}\left(Z + \frac{v}{c}M\right), \end{cases} \qquad H'\begin{cases} L' = L, \\ M' = \frac{1}{\lambda}\left(M + \frac{v}{c}Z\right), \\ N' = \frac{1}{\lambda}\left(N - \frac{v}{c}Y\right), \end{cases}$$

où λ représente $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Il faut d'abord remarquer que ces relations se déduisent directement des

([1]) *The elements of the four inner Planets...*, p. 107.

lois classiques de Laplace et d'Ampère prises comme première approximation, si on leur ajoute le postulat de relativité qui introduit le facteur $\frac{1}{\lambda}$. Elles seraient donc *nécessaires* dans toute théorie relativiste et non dans la seule théorie de Lorentz-Einstein.

Cela posé, élevant au carré les expressions donnant Y′ et N′ et les ajoutant et retranchant, on obtient :

$$Y'^2 - N'^2 = Y^2 - N^2,$$
$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)(Y'^2 + N'^2) = \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right)(Y^2 + N^2) - 4\frac{v}{c}YN.$$

Partant des expressions donnant en sens inverse Y et N en fonction de Y′ et N′ on retrouverait la première relation, et la seconde serait remplacée par une relation analogue qui, combinée avec elle, conduit à :

$$Y'^2 + N'^2 + 2\frac{v}{c}N'Y' = Y^2 + N^2 - 2\frac{v}{c}YN.$$

On obtiendrait de même :

$$Z'^2 - M'^2 = Z^2 - M^2,$$
$$Z'^2 + M'^2 - 2\frac{v}{c}M'Z' = Z^2 + M^2 + 2\frac{v}{c}MZ.$$

Tenant compte de $X = X'$, $L = L'$ on peut écrire :

(1) $$E'^2 - H'^2 = E^2 - H^2,$$
$$E'^2 + H'^2 + 2\frac{v}{c}(N'Y' - M'Z') = E^2 + H^2 - 2\frac{v}{c}(NY - MZ).$$

Or, si W est la densité de l'énergie électromagnétique, on a

$$W = \frac{1}{8\pi}(E^2 + H^2);$$

de plus, on aperçoit dans les termes à parenthèses les composantes suivant v, dans l'un et l'autre système, du vecteur de Poynting

$$\mathfrak{P} = \frac{1}{4\pi c}[E, H]$$

et la dernière relation peut s'écrire :

(2) $$W - (v, \mathfrak{P}) = W' - (-v, \mathfrak{P}').$$

La relation (1) exprime la constance de l'élément différentiel de

l'intégrale d'Hamilton, les énergies électrique et magnétique étant considérées l'une comme potentielle, l'autre comme cinétique.

La relation (2) fait connaître une expression invariante qui contient l'énergie, mais on voit qu'il n'y est pas question d'une énergie intrinsèque, mais bien d'une énergie *mutuelle* relative à deux systèmes en mouvement. Cette circonstance s'accorde mal avec l'attribution à l'énergie d'un caractère objectif.

D'autre part, si l'on considère les relations données récemment par M. Ferrier [1] reliant E et sa fonction ampérienne A dans le cas d'un champ magnétique nul, on obtient de la même façon :

$$(1') \qquad E'^2 + A'^2 = E^2 + A^2,$$

$$(2') \qquad E'^2 - A'^2 + 2\frac{v}{c}A'X' = E^2 - A^2 - 2\frac{v}{c}AX,$$

relations qui, interprétées de la même façon que les précédentes, conduiraient à considérer l'énergie électromagnétique *totale* comme donnée par la formule

$$8\pi W = E^2 + H^2 - A^2,$$

l'énergie due à l'ampérien étant de même nature (potentielle ou cinétique) que l'énergie magnétique, en même temps qu'à faire intervenir un vecteur de Poynting généralisé :

$$\mathfrak{P} = \frac{1}{4\pi c}\{[E, H] + AE\}.$$

MAGNÉTISME. — *Sur l'observation et la mesure des plus petits aimants isolés.* Note [2] de M. **Félix Ehrenhaft**.

Nous avons montré ailleurs qu'on peut observer et mesurer d'une façon exacte le mouvement de petites particules isolées d'un rayon moyen de 4.10^{-5} jusqu'à 5.10^{-6} cm, donc à l'extrême limite de la visibilité.

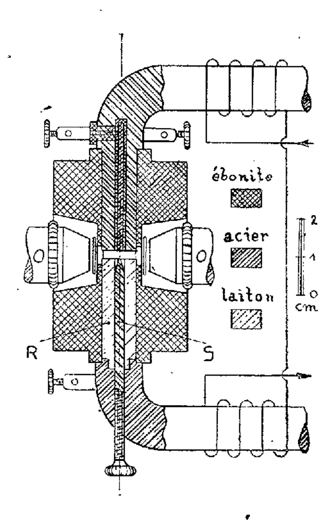
Nous nous servons de cette méthode pour observer une particule isolée de charge électrique e, du volume V, de densité σ (la masse $m = \sigma V$) et de susceptibilité magnétique k, sous l'influence de trois forces d'origine différente : la force gravifique mg, la force électrique eE dans un champ élec-

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 963. Voir aussi *Revue générale d'Électricité*, **19**, f. 17, 24 avril 1926, p. 649.

(2) Séance du 3 mars 1926.

trique homogène d'intensité E et la force magnétique $kVH\frac{\partial H}{\partial x}$ dans un champ magnétique d'intensité H variable selon le gradient $\frac{\partial H}{\partial x}$.

Nous orientons à cette fin le champ électrique et l'axe de symétrie du champ magnétique verticalement, dans la direction de la gravitation. Un



condensateur d'Ehrenhaft d'une construction un peu modifiée (voir la figure) rend cela possible.

La plaque supérieure est formée par la base d'un cylindre creux et circulaire en acier doux, d'un diamètre extérieur de 9^{mm} et d'un diamètre intérieur d'environ 2^{mm}. A l'intérieur de celui-ci se trouve un autre cylindre isolé de même matière (diamètre 1^{mm}). La plaque inférieure du condensateur est formée par la base circulaire d'un cylindre, qui se compose de plusieurs parties métalliques; la figure en présente une coupe verticale. Seul l'anneau R (cylindre creux) est en laiton. La pointe à visser S, terminée en cône à l'extrémité supérieure, est formée du même acier doux et possède les mêmes constantes magnétiques que les autres parties de l'appareil. Ces deux parties en acier sont les noyaux de deux solénoïdes. L'aimantation des cylindres produit deux pôles de sens inverse, situés sur l'axe central.

On éclaire les particules microscopiques ou submicroscopiques, qui se trouvent dans le condensateur, par un faisceau de lumière, qui vient de gauche, de droite ou des deux côtés, et qui est concentré par des objectifs de microscope (ouverture 0,3); on les observe par devant, c'est-à-dire perpendiculairement aux rayons éclairants au moyen d'un microscope de même ouverture.

On voit facilement que les expériences fondamentales de M. Faraday réussissent encore dans le domaine des dimensions submicroscopiques. Les

particules isolées des substances paramagnétiques (Fe, Ni, Pt, solution du chlorure de fer, etc.) se déplacent suivant le gradient de H; les particules diamagnétiques (Bi, Se, Te, etc.) se meuvent en sens inverse.

Dans une partie de l'axe central vertical la force magnétique est dirigée de bas en haut, donc en sens inverse de la gravitation. On peut augmenter la force magnétique jusqu'à ce que la particule reste suspendue; la force gravifique étant alors compensée par la force magnétique, nous avons la relation

$$mg = kVH\frac{\partial H}{\partial x} \quad \text{ou bien} \quad \frac{\sigma g}{k} = H\frac{\partial H}{\partial x}.$$

Pour arriver au même résultat en employant les substances paramagnétiques, il suffit de tourner le condensateur de 180°.

Lorsque la somme des forces extérieures constantes ΣP ne s'annule pas, il résulte, comme on sait, pour la particule dans un milieu visqueux, un mouvement de vitesse uniforme $V = B\Sigma P$, où B indique la mobilité de la particule.

Les expériences prouvent que, lorsque, comme dans le cas présent, ΣP varie d'un point à l'autre, on peut déterminer d'une façon exacte la vitesse v en fonction de x.

Nous avons alors l'équation suivante :

$$eE - V\sigma g - kV\overline{H\frac{\partial H}{\partial x}} = \frac{\overline{v}_m}{B}, \tag{1}$$

où $\overline{v}_m$ indique la vitesse moyenne de la particule dans un domaine restreint, sous l'influence de la force gravifique, électrique et magnétique.

Si la particule n'est soumise qu'aux forces électrique et gravifique ou à la gravitation seule, nous avons les relations bien connues :

$$eE - Vg\sigma = \frac{v_e}{B}, \tag{2}$$

$$V\sigma g = \frac{v}{B}; \tag{3}$$

v_e est la vitesse uniforme d'ascension ou de chute dans un champ électrique; v la vitesse uniforme de chute dans un champ gravifique.

Il existe, outre ces trois équations, une relation pour la détermination de B. Si le petit aimant est par exemple une sphère de rayon a, on a pour B, comme on sait,

$$B = \frac{1}{\sigma\pi\eta a}\left\{1 + \frac{l}{a}\left(A + De^{-c\frac{a}{l}}\right)\right\}, \tag{4}$$

où η représente le coefficient de viscosité dans le gaz, l le libre trajet moyen des molécules.

Sur une sphère microscopique ou submicroscopique, qui a été soumise aux mesures d'après les formules (1), (2), (3), on peut en plus déterminer A, C, D d'une façon empirique.

On peut donc, dans les équations (1), (2), (3) et (4), déterminer expérimentalement les grandeurs B, $\bar{v}_m$, v_e, v et E, H, $\frac{\partial H}{\partial z}$; les autres termes, à savoir : a, σ, k, e, sont tirés de ces équations.

Cette recherche, que j'ai entreprise en collaboration avec M. E.-O. Wasser, permet de déterminer le moment magnétique des aimants isolés jusqu'au rayon de 5.10^{-6} cm. On mesure facilement des aimants pour lesquels $kV = 10^{-18}$. Cette méthode permet en outre de fixer l'intensité d'un champ magnétique dans un domaine restreint (1.10^{-2} cm); elle fournit des relations entre la susceptibilité et la densité de ces particules isolées de substances différentes. Elle contribuera aussi à éclairer le problème des électrons, des subélectrons, de la densité et des propriétés magnétiques de petites particules colloïdales.

SPECTROSCOPIE. — *Une technique nouvelle de l'emploi des réseaux appliquée à l'étude de l'ultraviolet de Millikan.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. de Broglie.

Des difficultés multiples apparaissent dans la spectrographie des ondes les plus courtes de l'ultraviolet, celles qui forment le passage vers le domaine des rayons X. En Amérique, Millikan et ses collaborateurs ont réussi, après plusieurs années d'efforts, à pousser l'investigation dans l'ultraviolet extrême, jusqu'à 144 angströms, au moyen de réseaux de 500 à 1100 traits par millimètre. Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué comment l'emploi d'un réseau sous incidence rasante augmentait le pouvoir dispersif de cet instrument pour les petites longueurs d'onde et permettait d'obtenir des spectres de diffraction de rayons X avec un réseau sur verre à 200 traits seulement par millimètre. J'ai pensé pouvoir appliquer la même technique à l'étude d'autres domaines de l'optique [2], et particulièrement à celui de l'ultraviolet de Millikan.

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 55.
(2) *Revue d'Optique*, 5, fasc. 3, 1926, p. 98.

Un spectrographe à vide fut construit pour ces recherches : une pompe moléculaire permettait d'entretenir dans celui-ci, pendant la décharge, un bon vide de Röntgen. Le réseau, identique à celui que j'utilisais pour les spectres de rayons X, était un réseau plan sur verre de 200 traits. La source est une étincelle de Millikan produite par la décharge d'une batterie de tubes Mosciki (capacité 0,02 μF), alimentée par un transformateur à haute tension. La plaque photographique, au cours de ces essais préliminaires, était placée en général à 98^{mm} seulement du réseau (le réseau utilisé par Millikan avait 835^{mm} de distance focale) et les durées de pose variaient de 10 à 15 minutes.

J'ai obtenu avec cet appareil, dès le début des essais, les spectres de l'ultraviolet extrême de Millikan, jusqu'à un peu moins de 200 Å, limite actuellement imposée par les raies de diffraction dues aux fentes collimatrices de l'appareil et qui apparaissent au voisinage de la tache de réflexion. On enregistre sur la même plaque la totalité du spectre depuis le domaine visible jusqu'à celui de Millikan, ce qui est précieux pour l'étalonnage des raies nouvelles. Les spectres d'émission photographiés jusqu'ici sont ceux de quelques métaux : aluminium, magnésium, fer, cuivre, platine. L'aspect de l'étincelle condensée dans le vide varie suivant les éléments : elle donne toujours une lumière blanche mais s'accompagne dans le cas du platine et du fer d'une intense projection de matière, ce qui ne s'est pas présenté pour les autres métaux étudiés.

Le spectre photographié dans le cas du cuivre et plus particulièrement étudié, s'étend jusqu'à 210 Å (ce qui correspond à des électrons de 60 volts). Il a été étalonné au moyen des premiers et seconds ordres des raies de grande sensibilité de cet élément 3274-3248 Å et montre nettement les groupes extrêmes découverts en 1924 par Millikan dans ce spectre : 211, 255, 282, 325, 360, 453, 505, 680-715 Å, etc., puis les raies de l'ultraviolet avancé étudiées par Handke, L. et E. Bloch, Mac Lennan, enfin le spectre ultraviolet ordinaire (1).

Les raies extrêmes obtenues pour le fer et le platine se placent vers 350 Å.

Des essais sont actuellement en cours pour pousser l'exploration par le même procédé vers les rayons X de grandes longueurs d'onde.

---

(1) En employant, dans le spectrographe à vide, un réseau de Rowland (570 traits environ) la dispersion est accrue : on voit apparaître en dessous de 200 Å les termes de haute fréquence de la série M du cuivre.

Comme je l'indiquais dans une autre publication ([1]), la méthode du réseau sous incidence tangentielle apparaît d'un emploi très général en spectrographie : elle m'a permis de retrouver les spectres de rayons X et les spectres de Millikan avec un réseau ordinaire à 200 traits. Elle doit également fournir le dispositif spectrographique encore recherché, afin d'assurer la liaison avec les rayons X, dans le domaine 10 à 150 Å.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Complexité des phénomènes de trempe de certains alliages*. Note ([2]) de MM. **A. Portevin** et **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le mécanisme des phénomènes de trempe des alliages a été maintes fois assimilé à celui des aciers, et l'on s'est efforcé d'établir une corrélation permettant d'en faire une présentation d'ensemble unique. A plusieurs reprises, nous avons déjà fait ressortir des divergences qui vont à l'encontre de cet exposé séduisant, et l'on trouvera à cet égard nos conceptions communes résumées dans un Mémoire présenté par l'un de nous au Congrès scientifique de Liége, en 1922 ([3]). En particulier, on peut distinguer deux cas généraux :

Premier cas. — On a une interprétation satisfaisante des phénomènes en ne considérant que deux états distincts : état stable à chaud γ et état stable à froid α. Tout traitement qui affine la structure de l'état α fait croître la dureté de l'alliage. Comme exemples industriels, on peut citer la troostite des aciers et les alliages légers trempants Al-Mg^2Si et Al-Al^2Cu, dont nous avons fait l'étude dilatométrique ([4]).

Deuxième cas. — Il y a, en outre, intervention d'un troisième état intermédiaire tel que l'état martensitique des aciers; c'est alors l'état trempé que nous avons assimilé à un état labile λ ([5]). En première approximation, nous avons rattaché à ce cas la trempe des bronzes d'aluminium ([3]) Toute-

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Séance du 3 mai 1926.

([3]) A. Portevin, *Rev. univ. Mines*, 6e série, **15**, 1922, p. 225 à 352.

([4]) A. Portevin et P. Chevenard, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 296. Les conclusions générales de l'étude non encore publiée des alliages Al-Al^2Cu ont été données dans le Mémoire précédent ([2]).

([5]) A. Portevin et P. Chevenard, *Rev. de Mét.*, **18**, 1921, p. 425.

fois il manquait, à l'appui de cette hypothèse, la constatation d'une transformation $\lambda \rightarrow \gamma$, fait qui eût achevé de prouver l'existence de l'équilibre labile $\gamma \rightleftharpoons \lambda$.

L'étude dilatométrique des phénomènes de trempe, que nous poursuivons, a confirmé, pour certains alliages, l'existence de ces états trempés labiles mais, cette fois, avec réversibilité des phénomènes qui deviennent fort complexes. Nous citerons un bronze d'aluminium à 12 pour 100 Al, dont la

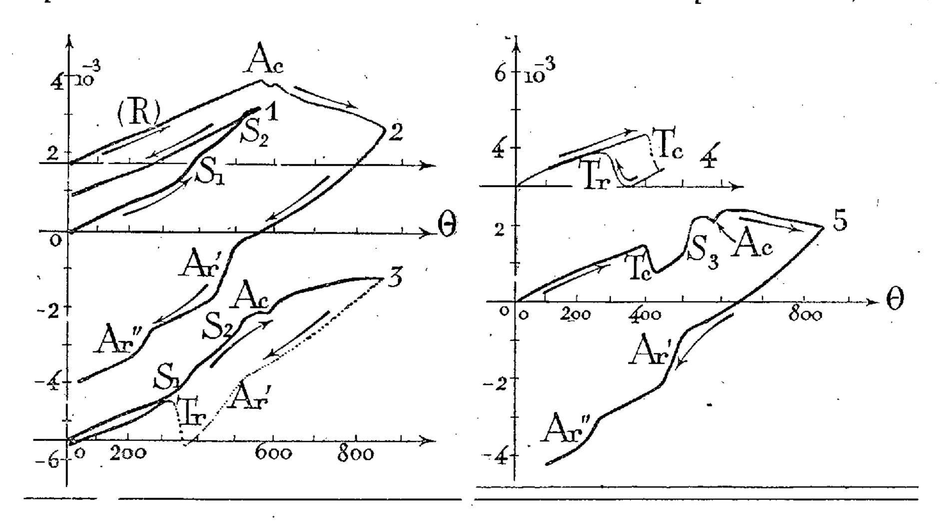


figure ci-dessus reproduit une série de cycles dilatométriques. Ces courbes ont été tracées par un dilatomètre à enregistrement mécanique établi par l'un de nous au laboratoire des Aciéries d'Imphy ([1]). Les nombreuses anomalies peuvent être interprétées de la façon suivante :

A*c* est la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ de l'état stable à froid en l'état stable à chaud. A*r'* et A*r''* sont les deux étapes de la transformation inverse au refroidissement $\gamma \rightarrow \alpha$, réaction incomplète donnant lieu aux singularités de revenu S_1 et S_2 à la chauffe suivante ([2]).

T*r* marque l'apparition, au refroidissement plus rapide, d'un troisième état labile nouveau λ; cette transformation $\gamma \rightarrow \lambda$ est accompagnée d'une forte expansion. T*c*, notée à la chauffe qui suit, est la transformation inverse $\lambda \leftarrow \gamma$ avec forte contraction; ce phénomène est suivi en S_3 du retour à l'état stable à froid $\gamma \rightarrow \alpha$, puis de la transformation A*c* : $\alpha \rightarrow \gamma$.

([1]) P. Chevenard, *Rev. de Mét.*, **23**, 1926, p. 92.

([2]) (R) est l'anomalie des solutions solides (Cu-Al) découverte par l'un de nous (P. Chevenard, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1927).

Tout en présentant une certaine analogie avec les transformations des aciers, les phénomènes sont distincts par leur succession et par la réversibilité de la transformation $\gamma \rightleftharpoons \lambda$. D'ailleurs, dans les aciers mêmes, il y a des modalités différentes à l'échauffement des aciers trempés, suivant les cas. Cette existence d'un état labile avec transformation correspondante réversible complique singulièrement l'interprétation des résultats des études physico-thermiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la capacité du circuit de décharge sur la décomposition du gaz carbonique par l'étincelle sous pression réduite.* Note de MM. **Pierre Jolibois**, **Henri Lefebvre** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Note, nous avons montré, en étudiant la décomposition produite par une étincelle électrique dans le gaz carbonique sous pression réduite, que l'on pouvait atteindre un taux de dissociation de 90 pour 100.

Nous avons étendu ces résultats, en faisant varier la capacité du circuit de décharge. Si dans un tube primitivement rempli de gaz carbonique sous la pression de $3^{mm},4$, on fait passer une série de décharges, jusqu'à

l'obtention d'une limite de dissociation, on constate que cette dernière croît avec la capacité du condensateur employé. Cette limite, qui sans condensateur, pour un courant redressé de 0,35 milliampère d'intensité efficace, est de l'ordre de 25 pour 100, croît légèrement avec la capacité jusqu'à une capacité déterminée C_0. Au delà, la loi change et la dissociation augmente avec rapidité d'abord, puis de nouveau lentement, dès qu'une capacité C_1 est atteinte. En même temps l'aspect de l'étincelle change : au-dessous de la capacité C_0, le phénomène se présente sous la forme classique de la décharge du tube de Geissler avec les lueurs et les espaces obscurs habituellement signalés; pour des capacités supérieures à C_1, l'étincelle affecte la forme d'un trait de feu qui remplit d'autant plus le volume du tube que l'énergie mise en jeu est plus considérable (voir figure).

Avec des capacités intermédiaires entre C_0 et C_1 les deux phénomènes

sont superposés et les étincelles isolées se succèdent, tantôt à un régime tantôt à l'autre, la fréquence de régime à trait de feu allant en augmentant lorsque la capacité se rapproche de C_1. Les valeurs des capacités C_0 et C_1 dépendent du tube employé. Les résultats du tableau ci-dessous sont obtenus avec un tube à électrodes centrées dans lequel l'étincelle occupe la longueur du tube.

Tube de $111^{cm^3},4$; distance d'éclatement 22^{cm}; électrodes en platine; disque — et pointe +.

Capacité en microfarads.	Nombre d'étincelles.	Puissance totale en joules.	Dissociation.	Tension moyenne (volts).
$1,1.10^{-3}$	20000	1300	0,27	2500
$1,15.10^{-2}$	5000	350	0,52	2500
5.10^{-2}	1000	150	0,83	3000
$5,2.10^{-1}$	50	130	0,90	3200
2,26	20	290	0,90	3500
10,8	6	290	0,94	3075

Au contraire, dans un tube pour lequel les électrodes étaient des fils fins de platine perpendiculaires à l'axe de tube, l'étincelle occupant environ la moitié de la longueur du tube, l'intervalle C_0C_1 était compris entre 1,26 et 2,29 microfarads.

D'une manière générale, on peut conclure de cette étude que la décomposition du gaz carbonique par l'étincelle sous pression réduite est fortement influencée par la capacité du circuit de décharge et que pour un tube donné, elle ne correspond à un degré de dissociation élevé que si la capacité du condensateur donnant naissance à l'étincelle est forte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions magnétochimiques des hydroxydes en présence de l'eau oxygénée.* Note de M^lle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié, dans de précédentes recherches [1], la décomposition de l'eau oxygénée en présence de certains hydroxydes en suspension : hydroxyde nickeleux, hydroxyde ferrique et hydroxyde de chrome. Ces hydroxydes, qui ne subissent dans le processus aucune variation de leur degré d'oxydation, accusent cependant des phénomènes magnétiques, consécutifs au dégagement d'oxygène, produit d'autre part.

---

[1] Suzanne Veil, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 933; 182, 1926, p. 1028.

Avec l'hydroxyde cobalteux et l'hydroxyde cuivrique, l'aspect chimique de la réaction est plus compliqué, car la phase solide ne conserve pas un degré d'oxydation invariable. Dans le présent travail, nous nous sommes proposé d'examiner les phénomènes magnétiques qu'elle manifeste encore dans ces conditions.

Hydrate cobalteux. — L'hydroxyde était précipité par la soude d'une solution de sel de cobalt, puis lavé. Aussitôt en suspension dans l'eau oxygénée, sa couleur vire du rose au brun foncé, et il passe à l'état d'hydrate de sesquioxyde, tandis que la décomposition de l'eau oxygénée se poursuit.

Dans les conditions de l'expérience, on constate un abaissement progressif des propriétés magnétiques de la phase solide. Le coefficient d'aimantation de l'anhydride calciné correspondant croît légèrement à partir de sa valeur initiale, et finalement cet anhydride reste plus magnétique que la phase solide dont il dérive.

TABLEAU I.

Réaction magnétochimique eau oxygénée - hydroxyde cobalteux.

Séjour dans H^2O^2, en jours.	Coefficients d'aimantation, en valeur relative, rapportés au cobalt.	
	Phase solide.	Anhydride.
0	4,31	1
1	2,19	1,16
2	1,04	1,19
3	1,02	1,21
4	0,66	1,19
5	0,65	1,20
6	0,64	1,23
7	0,77	1,32
8	0,80	1,35
9	0,78	1,39
10	0,55	1,24
11	0,94	1,55
12	0,72	1,39
13	0,88	1,49
14	0,66	1,39
15	0,88	1,42
16	0,59	1,39

Hydroxyde cuivrique. — Une étude qualitative analogue a été faite sur l'hydroxyde cuivrique qui, lui aussi, en suspension au sein de l'eau oxy-

génée, présente des phénomènes d'oxydation, ainsi que l'ont signalé les chimistes du courant du XIX^e siècle.

Dans les conditions particulières de l'observation, on constate, au début de l'expérience, un abaissement net des propriétés magnétiques de la phase solide, consécutivement à son oxydation, qui se trahit par le changement de teinte, du bleu au brun foncé. Puis le coefficient d'aimantation augmente lentement pour diminuer ensuite, après un maximum peu accusé. Pour l'anhydride calciné correspondant, on relève les mêmes particularités, avec toutefois un certain retard. Les deux courbes figuratives semblent tendre vers des valeurs du même ordre.

TABLEAU II.

Réaction magnétochimique eau oxygénée-hydroxyde cuivrique.

Séjour dans H^2O^2 en jours.	Coefficients d'aimantation, en valeur relative, rapportés au cuivre.	
	Phase solide.	Anhydride
0	2,12	1
1	1,25	1,06
2	1,29	0,75
3	1,33	0,77
4	1,38	0,78
5	1,37	0,79
6	1,59	0,98
7	1,37	1,34
8	1,30	1,34
9	1,34	1,47
10	1,27	1,58
11	1,29	1,43
12	1,22	1,30
13	1,31	1,29
14	1,23	1,26
15	1,24	1,25
16	1,25	1,22

Ces études et les précédentes suggèrent que les réactions sont en réalité beaucoup plus complexes et beaucoup plus prolongées que ne le prévoit l'analyse pondérale. Telle est la conclusion de l'analyse magnétique qui, dans les cas présentement examinés, décèle et permet de suivre l'évolution des phases solides.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption sur grosses molécules en solution.* Note de M. MARINESCO, présentée par M. Jean Perrin.

Einstein a montré [1] qu'entre la viscosité η d'une suspension de fines particules solides sphériques et celle du liquide intergranulaire η_0 existe la relation

$$\eta = \eta_0\left(1 + 2,5\,\frac{v}{V}\right), \tag{1}$$

v étant le volume réel des particules en suspension dans V^{cm^3}.

Bancelin [2] a vérifié cette relation avec des émulsions de gomme-gutte. Einstein lui-même l'a appliquée aux solutions aqueuses, et en tenant compte du coefficient de diffusion, il a donné pour N une valeur très satisfaisante. Il a remarqué aussi que le volume réel de 1^g de sucre solide ($0^{cm^3},610$) est plus petit que le volume de ce même gramme en solution ($0^{cm^3},980$) et que, par conséquent, un certain nombre de molécules d'eau doivent se trouver rigidement liées à une molécule de sucre.

J'ai appliqué la même relation aux solutions de rhodamine (B extra) de Höchst (p. m. 478,5) en employant comme solvants l'eau et divers monoalcools. Les résultats montrent que la molécule dissoute se trouve entourée d'une couche monomoléculaire dans laquelle le nombre des molécules du solvant adsorbées est fixe. On observe en outre que la polarité des molécules du solvant a un rôle très important en ce qui concerne l'adsorption et l'orientation du feuillet monomoléculaire, au point de vue électrique.

J'ai utilisé dans mes expériences un capillaire du type Ostwald de $0^{mm},3$ de diamètre et 140^{mm} de longueur dont le calibrage était contrôlé.

Un thermostat bien réglé me rendait maître du centième de degré.

Les solvants et les colorants utilisés ont été rigoureusement purifiés.

Je m'assurai, par des mesures de conductivité, de l'absence d'hydrolyse (même pour une concentration moléculaire de $2,2.10^{-5}$ il n'y a pas de dissociation complète). Dans l'eau, milieu favorable aux associations, j'ai trouvé la molécule normale (abaissement du point de congélation). Les concentrations des solutions étaient comprises entre 0,8 et 3 pour 100.

---

(1) *Ann. der Physik*, **19**, 1906, p. 289-306; **34**, 1911, p. 591-592.

(2) *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1882.

On trouve que V_E, le volume de la molécule-gramme d'après (1), varie linéairement en fonction du volume moléculaire ω du solvant, d'après l'expression

$$V_E = C\omega + V_S, \tag{2}$$

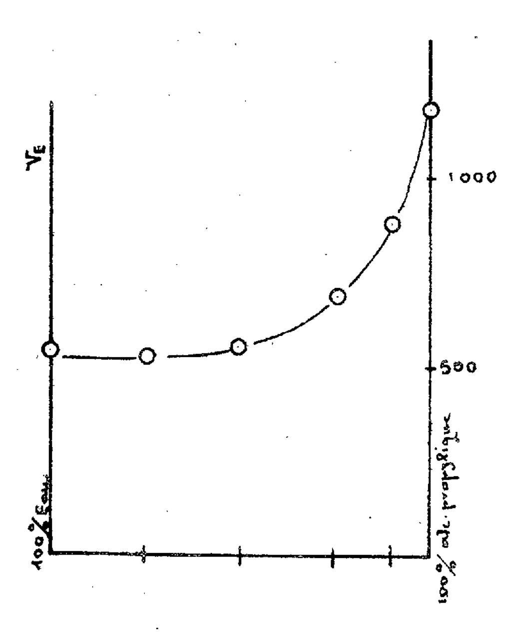
V_S étant le volume de la molécule-gramme à l'état solide (333^{cm^3}). C est voisin de 12 comme l'indique le tableau suivant :

Solvant.	Température.	V_E.	$V_E - V_S$.	ω.	$\frac{V_E - V_S}{\omega}$.
Eau	7°	542	209	17,9	11,6
»	20	553	220	18	12,6
Alcool éthylique	»	1036	703	57,7	12,2
» propylique (1 p. 100).	»	1177	844	74,5	11,4
» » (2 p. 100).	»	1160	827	»	11,2
» isopropylique	»	1272	939	76	12,3
» »	50	1129	796	78	10,2
» butylique (1 p. 100).	20	1324	991	91	10,9
» » (0,8 p. 100).	»	1330	997	»	10,9
» isobutylique	»	1405	1072	92	11,6
» amylique	»	1593	1260	107	11,8
» »	50	1569	1236	111	11,1
» isoamylique	20	1547	1214	108	11,2
» *méthylique*	»	1010	677	40,3	**16,9**

Le calcul donne pour l'épaisseur de la périsphère $\Delta\rho = \rho_E - \rho_S$, des valeurs comprises entre 2,3 Å (méthylique-éthylique) et 3,5 Å (amylique), qui sont bien de l'ordre de grandeur des diamètres moléculaires de ces solvants. Aussi on trouve pour le rapport $\frac{C}{S} = \frac{12}{317.10^{-16}\,\text{cm}^2} = 3,8.10^{14}$ (S = surface de la molécule de rhodamine à l'état solide). Cette valeur concorde avec les résultats de différents auteurs (Langmuir, Donnan, Milner, Schmidt, Van der Grinten, etc.) qui ont trouvé pour diverses couches monomoléculaires, 2.10^{14} à 4.10^{14} molécules fixées par centimètre carré.

D'autres substances, comme l'éosine par exemple, pour laquelle C = 16, présentent la même variation de V_E. Mais si l'on opère en présence de certains ions, les molécules du solvant ne sont plus adsorbées. Ainsi pour la fluorescéine ($V_S = 255$) dans l'eau, dans la glycérine et dans des mélanges, on trouve $V_E = 500$, en présence de 3 pour 100 NaOH. En ce cas l'épaisseur de la couche doit être de l'ordre de grandeur correspondant aux ions. On trouve $\Delta\rho = 1,3$ Å.

D'après les raisonnements relatifs à la polarité des molécules des solvants (J. J. Thomson, Debye, V. Henri), celles dont le moment électrique est le plus grand, doivent être plus fortement adsorbées. Or dans un mélange d'alcool propylique (constante diélectrique 23) et d'eau (constante diélectrique 80), V_E de la rhodamine montre que c'est l'eau qui prédomine dans



la couche, même pour des concentrations de 50 pour 100 en alcool propylique, comme l'exprime le diagramme ci-dessus.

On trouve que V_E dans l'alcool méthylique présente un écart qu'on ne peut pas attribuer aux erreurs d'expérience. Mais ce solvant contient très peu de molécules simples (Ramsay, Shields, Eötvös, etc.) et les molécules adsorbées sont doubles. Dans l'eau et l'alcool éthylique les molécules sont aussi associées, mais la proportion des molécules simples est beaucoup plus grande et ces molécules simples sont adsorbées, en raison de leur énergie potentielle plus grande.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation des alliages ferreux et cuivreux par le tungstène, le molybdène et le tantale.* Note de M. **J. Laissus**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai déjà montré ([1]) comment les alliages ferreux pouvaient être cémentés par le chrome et le tungstène. En me plaçant dans les mêmes conditions, j'ai étudié la cémentation de ces alliages par le molybdène et le tantale et la cémentation des alliages cuivreux par le tungstène, le molybdène et le tantale.

A. Alliages ferreux. — 1° *Cémentation par le molybdène.* — Le ferro-molybdène, finement pulvérisé, employé comme cément avait pour composition : C = 1,86 pour 100, Mo = 71,85 pour 100.

J'ai étudié l'influence du temps et de la température au moyen d'une série d'essais portant sur un acier ordinaire de cémentation (C = 0,15).

J'ai constaté micrographiquement, de l'intérieur vers l'extérieur, l'existence : 1° d'une zone de solution solide (disparition de la perlite); 2° d'une couche brillante externe, constituée par une solution solide et une combinaison (probablement la combinaison Fe^3Mo^2 du diagramme) dont l'épaisseur croît avec le temps et la température.

Il faut noter que ces deux zones ne sont pas nettement délimitées pour les cémentations faites aux températures de 800°, 900° et 1000°. Ces résultats sont résumés dans le tableau I.

J'ai également constaté que l'épaisseur de la zone cémentée est d'autant moins importante que la teneur en carbone de l'alliage ferreux à cémenter est plus élevée.

Les alliages ferreux, cémentés par le molybdène, sont susceptibles de prendre un beau poli.

2° *Cémentation par le tantale.* — Le ferro-tantale, finement pulvérisé, employé comme cément avait pour composition : C = 1,00 pour 100; Ta = 29,26 pour 100; Si = 1,96 pour 100.

J'ai étudié l'influence du temps et de la température au moyen d'une série d'essais portant sur un acier ordinaire de cémentation (C = 0,15).

J'ai constaté micrographiquement de l'intérieur vers l'extérieur l'existence : 1° d'une zone de solution solide (disparition de la perlite) dont

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 240, et **182**, 1926, p. 465.

l'épaisseur décroît quand le temps et la température croissent; 2° d'une seconde zone de solution solide plus attaquable, renfermant dès la température de 1000° des plages d'eutectique, dont l'épaisseur croît avec le temps et la température. Ces résultats sont résumés dans le tableau II.

B. Alliages cuivreux. — J'ai cémenté par le tungstène, le molybdène et le tantale des échantillons de cuivre électrolytique et de laiton à 71 pour 100 de cuivre.

J'ai constaté micrographiquement des couches cémentées d'épaisseurs importantes, dont la structure est difficilement résolue.

Ces résultats sont résumés dans le Tableau III.

Tableau I.

Température de chauffage.	Temps de chauffage. 2h.30m. I.	II.	5h. I.	II.	10h. I.	II.
800°	0,055	–	0,065	–	0,085	–
900	0,060	–	0,070	–	0,090	–
1000	0,065	–	0,075	–	0,100	–
1100	0,070	0,045	0,100	0,050	0,110	0,060
1200	0,150	0,050	0,200	0,090	0,220	0,100

I. Épaisseur en millimètres : solution solide.
II. Épaisseur en millimètres : couche externe.

Tableau II.

Température.	Temps de chauffage. 2h.30m. I.	II.	5h. I.	II.	10h. I.	II.
800°	0,110	0,015	0,100	0,020	0,095	0,025
900	0,080	0,025	0,055	0,035	0,035	0,045
1000	0,075	0,030	0,045	0,050	0,015	0,055
1100	0,060	0,035	0,040	0,065	»	0,100

I. Épaisseur en millimètres : solution solide interne.
II. Épaisseur en millimètres : solution solide externe.

TABLEAU III.

		Épaisseur en millimètres de la zone cémentée.					
		C = 0,54 — W = 81,52.		C = 1,86 — Mo = 71,85.		C = 1,00 — Ta = 29,26.	
Température.	Temps.	Cuivre.	Laiton.	Cuivre.	Laiton.	Cuivre.	Laiton.
°	h						
500...	5	0,25	0,50	0,30	0,55	0,30	0,45
600...	5	0,35	0,60	0,35	0,60	0,35	0,50
700...	5	0,45	0,70	0,40	0,70	0,40	0,55
800...	5	0,55	0,80	0,50	0,80	0,45	0,60
900...	5	0,60	0,85	0,60	0,95	0,50	0,70

Je continue ces recherches par des essais de corrosion et de dureté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les iodomercurates de potassium qui cristallisent en solution acétonique.* Note [1] de M[lle] **M. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

Le diagramme ci-contre résume les résultats que j'ai obtenus en étudiant le système iodure mercurique-iodure de potassium-acétone, par la méthode des solubilités à température constante.

La courbe des solutions saturées à 56° indique l'existence de sept phases cristallines différentes.

Les courbes de solubilité de l'iodure mercurique et de l'iodure de potassium, très étendues relativement aux autres, n'ont pas été représentées complètement; ce sont deux lignes faiblement incurvées, à concavités tournées l'une vers l'autre.

Les cinq autres branches de courbe correspondent à cinq iodomercurates cristallisés.

Il n'a pas été possible d'isoler les cristaux à cause de leur petitesse. Leurs compositions ont été déterminées par la méthode connue de Schreinemakers, en prenant des précautions particulières pour les prélèvements et en faisant des analyses très précises. On trouve ainsi que dans les solutions AB cristallise le sel

(I) $HgI^2, \quad 2KI;$

---

[1] Séance du 19 avril 1926.

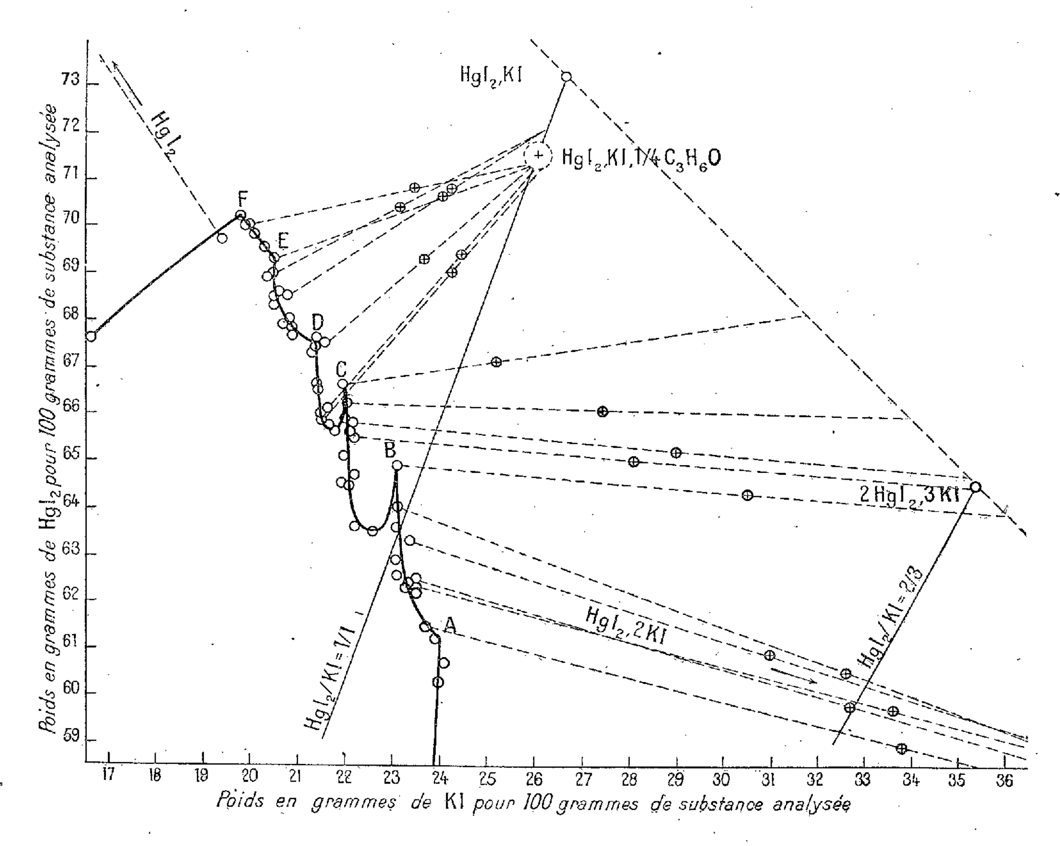
dans les solutions BC cristallise le sel

(II) $2HgI^2, 3KI$;

dans les solutions CD, DE, EF, cristallisent trois sels dont la composition est voisine de

(III), (IV), (V) $HgI^2, KI, 1/4 C^3H^6O$.

Il semble bien que ces trois sels soient isomères.



Le sel $HgI^2, 2KI$ est probablement identique au sel de même composition qui a été préparé en solution aqueuse (¹).

Le sel $2HgI^2, 3KI$ n'a pas encore été préparé, à ma connaissance, mais Dawson (²) a été conduit à admettre sa présence dans les solutions aqueuses

(¹) Boullay, *Ann. Ch. Ph.*, 2e série, 34, 1827, p. 343.
(²) Dawson, *J. Chem. Soc. Lond.*, 95, 1909, p. 870.

d'iodure mercurique et d'iodure de potassium, en interprétant les résultats d'expériences de partage et de déterminations cryoscopiques.

Les trois isomères HgI^2, KI, $\frac{1}{4}C^3H^6O$ peuvent être rapprochés du sel HgI^2, KI, H^2O (1). En effet, le rapport des teneurs en eau et en acétone de ces sels (voisin de $\frac{1}{4}$) est à peu près égal au rapport des volumes moléculaires de l'eau et de l'acétone liquides, $\frac{18}{73}$. L'acétone et l'eau se remplacent à volumes égaux (2).

Bien que les accroissements de solubilité de l'iodure mercurique dans l'acétone, déterminés par l'addition de petites quantités d'iodure de potassium, indiquent nettement l'existence en solution de complexes $m HgI^2$, $n KI$, dans lesquels le rapport $\frac{m}{n}$ est supérieur à 1 (3), aucun composé de ce type ne cristallise dans les solutions acétoniques à 56°.

Dans la région des sels doubles, l'équilibre entre les phases solide et liquide n'est atteint qu'au bout d'un temps très long lorsqu'on agite à température constante (56°) les composants iodure de potassium, iodure mercurique et acétone. En particulier, la dissolution de l'iodure de potassium dans les solutions saturées de sels doubles est excessivement lente. Pour obtenir des cristaux homogènes d'une seule espèce, il a été nécessaire de préparer d'abord des solutions homogènes à 56°, en employant un excès d'acétone, et d'évaporer lentement cet excès, jusqu'à commencement de cristallisation des iodomercurates. La cristallisation ne se produit, malgré une agitation continue et énergique, que dans les solutions assez fortement sursaturées; il se forme toujours en effet une assez grande quantité de cristaux, même si l'on cesse d'évaporer dès le début de la cristallisation.

La lenteur des réactions et l'existence d'isomères sont en rapport avec le caractère complexe des iodomercurates.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une méthode générale de préparation des nitrites. Application aux nitrites simples de cobalt et de nickel et à celui de la cobaltihexammine.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. G. Urbain.

L'acide nitreux est un acide faible : ses sels sont hydrolysables. Cette circonstance rend difficile la préparation de la plupart des nitrites. Ceux

(1) Décrit par Pawlow, *J. Soc. Chim. russe*, 32, 1900, p. 732.

(2) Des remarques analogues ont été faites à propos des chloromercurates cristallisés qui renferment de l'eau, de l'alcool éthylique ou de l'acétone (Tourneux, *Ann. Ch. Ph.*, 11, 1919, p. 312).

(3) Tourneux et Mlle Pernot, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 740.

qui font l'objet de cette Note peuvent s'obtenir ainsi : l'acétate correspondant au nitrite que l'on désire préparer est traité par un nitrite alcalin en présence d'acétate d'ammonium. L'excès d'eau favorisant l'hydrolyse doit être évité; il est nécessaire de soumettre ce liquide à un brassage énergique. Il est d'ailleurs avantageux d'opérer dans des solvants tels que l'alcool, l'acétone, l'ammoniaque. La méthode réussit mieux avec les nitrites complexes (en général peu solubles) qu'avec les nitrites simples. Ceux de zinc, de cadmium, de cuivre, de plomb et de manganèse s'obtiennent par cette voie. Le rendement dépasse 70 pour 100. Le nitrite de cobalt non décrit jusqu'ici a pu être isolé. C'est un sel jaune, peu soluble, à partir duquel on peut obtenir phase par phase le *cobaltinitrite de potassium*, bien connu en analyse :

	Trouvé pour 100.		Calculé pour $Co(NO^2)^2$.
Co	38,97	39,02	39,07
$2NO^2$	60,85	60,87	60,93

La réaction générale donne, dans le cas du nickel, transitoirement, un nitrite double $(NO^2)^2Ni + 4NO^2.NH^4$ déjà décrit qui abandonne le nitrite simple $(NO^2)^2Ni$ dans le vide, au bout de quelques heures.

A titre d'exemple la préparation du nitrite de cobaltihexammine qui n'avait pu être isolé jusqu'ici sera décrite.

20g d'acétate de cobaltihexammine [obtenu par la méthode de Klobb [1]] sont dissous dans 250cm³ d'ammoniaque à 15 pour 100 avec 50g de nitrite de potassium et 40g d'acétate d'ammonium. Dans la solution jaune agitée préalablement et filtrée on fait barboter de l'air comprimé. Un mélange réfrigérant (—6°) de glace et de sel marin assure le refroidissement. Au bout d'une heure on ajoute 50cm³ d'alcool qui précipite le nitrite lutéo. Ce corps est lavé à l'alcool, puis à l'éther.

Le cobalt a été dosé par électrolyse, l'ammoniaque par la méthode de Schlösing, l'acide nitreux sous forme de bioxyde d'azote.

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $(NO^2)^3[Co(NH^3)^6]$.
Co	19,9	20
$6NH^3$	32,5	34,1
$3NO^2$	43,7	44,9

Ce nitrite est jaune brun, microcristallin, très soluble dans l'eau; la solution donne le précipité caractéristique du groupe lutéo avec le pyrophosphate de sodium.

L'hydrolyse le transforme en quelques jours en *cobaltinitrite d'hexam-*

---

(1) KLOBB, *Bull. Soc. ch.*, 3e série, 25, 1901, p. 1030.

mine, avec mise en liberté d'ammoniaque, conformément à la réaction

$$2[Co(NH^3)^6](No^2)^3 \rightarrow [Co(NO^2)^6][Co(NH^3)^6] + 6NH^3,$$

qui se vérifie quantitativement.

La même méthode m'a permis d'obtenir une quinzaine d'autres nitrites complexes, d'établir leur formule et d'étudier leurs réactions de passage :

Nitrites de cobalti-aquopentammine; nitropentammine; *cis* et *trans*, dinitrotétrammine; *trans*, dichlorotétrammine; *cis* et *trans* dibromo et diiodotétrammines; chloronitrotétrammine; diaquotétrammine, chloroaquotétrammine; sulfato, carbonato, oxalato-pentammines.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du rubidium au moyen de l'acide silicotungstique; application de ce réactif à la recherche du rubidium dans les cendres de* Laminaria flexicaulis. Note de M. **P. Freundler** et de M[lle] **Y. Ménager**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons signalé l'an dernier (1) que les cendres solubles dans l'eau des frondes de *Laminaria flexicaulis* (récolte de février 1924, îles Saint-Quay), renfermaient un métal alcalin présentant les caractères du rubidium : composition et solubilité du chloroplatinate, spectre présentant les raies bleues 4215,7 et 4202,0 à l'exclusion des raies 4593,4 et 4555,4 du cæsium.

L'extraction du sel de rubidium a été réalisée par macération (1 mois) des frondes partiellement desséchées (20-25 pour 100 d'eau) dans de l'alcool à 95°; dans ces conditions, la majeure partie du chlorure de potassium présent reste indissous, et le fractionnement ultérieur des chloroplatinates de Rb et K est grandement facilité. 300^g d'algues humides ont fourni environ 0^g,3 de chloroplatinate de Rb.

Ce procédé étant compliqué et ne permettant pas un dosage exact, nous avons tenté par diverses méthodes de doser le rubidium dans les cendres solubles dans l'eau.

Grandeau (2) d'une part, Bunsen et Kirchhoff (3) d'autre part, ont extrait le rubidium de divers sels (salins de betterave, etc.) en fractionnant systématiquement les chloroplatinates; mais les matières traitées étaient relativement riches, et l'application de

(1) *Bulletin de l'Office des Pêches*, n° 41, 1925, p. 47.
(2) *Ann. Chim. Phys.*, **113**, 1860, p. 337.
(3) *Ann. Chem.*, **67**, p. 156.

cette méthode aux cendres de *L. flexicaulis* ne nous a fourni que des résultats nuls ou incertains. D'autre part, nous pouvons confirmer l'impossibilité, signalée par ces auteurs, de concentrer le chlorure de rubidium dans les eaux mères par cristallisation fractionnée, bien que ce sel soit beaucoup plus soluble que le chlorure de potassium

Sur le conseil de M. Copaux, nous avons alors essayé de doser le rubidium à l'état de silicotungstate. Ce composé, de formule $SiTu^{12}O^{42}Rb^{8}$ (à 100°), a été étudié par Godefroy (¹).

Nous avons donc repris le dosage de Rb à l'état de silicotungstate, seul et en présence de K et Na. Nous avons déterminé la limite de concentration au-dessous de laquelle la précipitation est incomplète ou nulle, ainsi que l'influence de fortes quantités de KCl et NaCl sur cette précipitation; enfin nous avons établi un procédé de concentration du rubidium dans les cendres solubles au moyen du même réactif.

Voici les résultats obtenus au cours des divers essais qui ont été effectués avec du chlorure et de l'iodure de rubidium purs (²).

I. Le rubidium seul est précipité intégralement, à la concentration minima de $0^{g},4$ Rb pour 100^{cm^3} de solution, par addition à froid de $0^{mol},25$ d'acide silicotungstique (2 fois la quantité théorique); après 12 heures on filtre sur filtre taré, lave avec NaCl ($12^{g},5$ au litre), puis à l'alcool et l'on sèche à 105° à poids constant. L'erreur par défaut (0,6 pour 100) correspond exactement à la solubilité du complexe déterminée par Godefroy. La précipitation peut être faite en présence de NaCl; par contre, si la solution renferme plus de 1 pour 100 de KCl, on obtient, en présence d'une quantité suffisante d'acide silicotungstique, des surcharges qui peuvent atteindre 100 pour 100, et cela, bien que la solubilité du silicotungstate de potassium dans l'eau dépasse 30 pour 100 (Marignac). Il peut même arriver que ce sel commence à cristalliser avant la précipitation du rubidium, qui est très ralentie pour des teneurs inférieures à 0,3 pour 100. Nous avons vérifié que ce phénomène est dû au fait que la présence de KCl diminue dans de larges proportions la solubilité du silicotungstate de K. Or, lorsqu'on se borne à ajouter une solution concentrée d'acide silicotungstique à du chlorure de potassium, la réaction

$$SiTu^{12}O^{42}H^{8} + 4\,KCl = SiTu^{12}O^{42}H^{4}K^{4} + 4\,HCl$$

est des moins complètes.

II. Au contraire, lorsqu'on évapore plusieurs fois à sec au bain-marie une solution de chlorure de potassium avec un léger excès d'acide silicotungstique, l'acide chlorhydrique s'élimine et la réaction ci-dessus devient complète. Cette réaction se repro-

---

(¹) *D. ch. G.*, 9, 1876, p. 1363.

(²) Nous nous sommes servis de RbCl et RbI purs Poulenc, et d'un RbI obtenu à partir d'alun provenant des produits préparés autrefois par M. E. Rengade.

duit d'ailleurs aussi pour NaCl et LiCl. Avec AmCl, la solubilité du silicotungstate étant beaucoup plus faible, on obtient directement une très forte proportion du sel $SiTu^{12}O^{42}H^{4}Am^{4}$ décrit par Marignac.

Dans ces conditions, le silicotungstate de rubidium, qui se comporte comme un colloïde, est insolubilisé au moins en grande partie. Il suffit alors de traiter le résidu par NaCl à $12^{g},5$ au litre, à froid, pour dissoudre le silicotungstate de K, celui de rubidium restant indissous avec un peu de silice et d'acide ou d'anhydride silicotungstique. Ce résidu est ensuite dissous dans l'ammoniaque diluée, puis débarrassé par le procédé connu (nitrate mercureux) de l'acide silicotungstique, et enfin retransformé en chlorure. On retrouve ainsi qualitativement 1 partie de chlorure de rubidium dans un mélange de 100 parties de KCl + NaCl; à la concentration de 1 : 40 on peut le doser.

III. Enfin, l'application de la méthode précédente aux cendres solubles de *L. flexicaulis* (février 1926, îles Saint-Quay) a permis de réaliser une concentration suffisante pour pouvoir déceler d'une façon certaine dans 10^{g} de cendres solubles le rubidium par la méthode spectrographique ([1]). En général, la quantité de rubidium dans ces cendres est trop faible pour permettre la précipitation directe en silicotungstate de rubidium.

IV. Nous avons préparé et analysé au cours de ce travail le *silicotungstate de lithium* non encore décrit, $SiTu^{12}O^{42}H^{4}Li^{4}$, qui cristallise avec 25^{mol} d'eau. Il est extrêmement soluble dans l'eau et très soluble aussi dans NaCl dilué.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche et sur le dosage du strontium par la méthode spectrographique dans la flamme de l'hydrogène.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. A. Desgrez.

La présence de petites quantités de strontium, accompagnant les composés du calcium, a fréquemment échappé aux analystes, en raison des difficultés et de l'insuffisance des procédés chimiques usuels. Il est indispensable, pour y parvenir aisément, de recourir aux méthodes spectrales et, de préférence, à la méthode spectrographique par entraînement de la matière dans la flamme de l'hydrogène, telle que je l'ai décrite et pratiquée depuis un certain nombre d'années ([2]). Elle offre sur les autres méthodes spectrales l'avantage d'être appliquée sur la substance en poudre et sans dissolution préalable. Sa sensibilité est de la sorte indéfinie,

---

([1]) Cette détermination a été faite par M. Dureuil, en employant la méthode au magnésium décrite tout récemment (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1020). L'absence du cæsium, dont le silicotungstate est insoluble, a été confirmée.

([2]) *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, 25, 1919, p. 58; *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 678.

puisque l'on peut à volonté prolonger l'entraînement et obtenir ainsi la raie spectrale caractéristique pour des proportions infimes.

Le strontium est caractérisé par une raie bleue, dont la longueur d'onde est de $460^{\mu\mu},7$, et qui se repère sur l'échelle micrométrique, sans qu'il puisse y avoir la moindre méprise.

La recherche spectrographique du strontium est ainsi très sûre, et les nombreux essais auxquels je me suis livré me permettent de penser que la diffusion du strontium dans la nature est sans doute aussi grande que celle du calcium. Je n'ai guère trouvé en effet de sels de calcium complètement exempts de strontium.

Les spectrogrammes de la craie, du plâtre, du chlorure de calcium montrent la raie du strontium, très marquée. Un échantillon de carbure de calcium l'a donnée encore plus forte, l'alumine industrielle, destinée à la fabrication de l'aluminium, contient de faibles proportions de calcium provenant non pas de bauxite, qui en est exempte, mais des matières de son traitement, ce calcium est fortement mélangé de strontium. Mais ce qui montre encore mieux la diffusion de ce métal, c'est qu'il existe dans les cendres du bois et, par suite, dans les terrains où croissent les végétaux.

Le strontium, de même que le calcium et le magnésium, ne donne de raie spectrale dans la flamme de l'hydrogène, que quand il se trouve sous forme de composés facilement dissociables : oxyde, chlorure, carbonate, sulfate, etc.; il n'en donne pas quand il est sous forme de phosphate. Loin d'être un inconvénient, cela est un avantage, car quand on le caractérise dans l'organisme, par exemple, on peut affirmer qu'il existe oui ou non à l'état de phosphate. Dans ce cas, on essaye en premier lieu la substance phosphatée telle quelle, puis on fait un second essai de la même substance après l'avoir traitée par l'acide sulfurique. Si ce dernier essai donne seul la raie du strontium, la conclusion s'impose.

J'ai réussi à effectuer le dosage du strontium par la méthode spectrographique. Dans ce but, j'ai mélangé à de l'oxyde de fer de l'acétate de strontium, sel qu'il est facile d'avoir exempt de calcium, de manière à obtenir une série de mélanges où le strontium et le fer se trouvent dans des proportions connues. L'intensité absolue des raies spectrales, que l'on obtient avec ces mélanges, varie avec le temps d'exposition, la sensibilité des plaques, leur développement, etc., mais toutes ces causes de variations restent sensiblement les mêmes sur une plaque, en sorte que la raie du strontium et les raies multiples du fer demeurent comparables entre elles. Il suffit donc en principe de faire des gammes de ces mélanges de manière à

déterminer les proportions de strontium correspondant aux raies du fer, et inversement. On prendra de préférence pour la comparaison avec la raie du strontium les raies du fer les plus voisines et qui se trouvent ainsi sur un fond à peu près également éclairé.

J'ai commencé par la gamme des dix-millièmes : 2, 4 et 6 dix-millièmes de strontium. Pour $\frac{Sr}{Fe} = \frac{2}{10000}$, la proportion est trop faible, la raie du Sr ne se détache pas nettement du fond du spectre, trop fortement éclairé dans la région bleue par suite de l'incandescence que le fer communique à la flamme. La proportion de $\frac{2}{10000}$ est donc une limite inférieure, il faut diminuer le fer dans le mélange pour doser le strontium. A $\frac{4}{10000}$, la raie du strontium se détache nettement et son intensité est comparable à celle de la raie faible du Fe λ 449,4 ; à la proportion de $\frac{6}{10000}$ elle est égale Fe λ 441,6.

Voici un tableau résumant les résultats qui ont été donnés par les mélanges à proportions croissantes en strontium :

$\frac{Sr}{Fe}$.			Fe.
0,001	Sr λ 460,1 égale en intensité	....	λ 406,3
0,002	» »	....	λ 427,1
0,003	» »	....	λ 446,2
0,004	»	....	λ 438,3
0,01	» »	....	λ 372,0
0,02	» »	....	λ 388,6
0,03	» »	....	> 388,6 < 386,0
0,05	» »	....	386,0 la plus forte raie du Fe

La proportion de 5 pour 100 est donc la limite supérieure. Il faut chercher à réaliser pour la précision des proportions voisines de $\frac{1}{1000}$.

La sensibilité des plaques photographiques étant variable suivant les régions du spectre avec leur composition, il est nécessaire d'opérer avec les mêmes plaques tant pour les gammes de repère que pour les dosages. Les raies du Fe étant repérées par l'échelle micrométrique, on n'a donc pas à s'occuper de leur λ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation directe des composés organoglucïques mixtes*. Note [1] de M. **J.-F. Durand**, transmise par M. Paul Sabatier.

L'obtention des organoglucïques mixtes R — Be — X, — où R et X sont respectivement un radical hydrocarboné et un halogène — présente un

[1] Séance du 3 mai 1926.

certain intérêt théorique. Le glucinium en effet, dont la masse est la plus petite parmi les métaux de la deuxième colonne de la classification périodique devrait, d'après la règle empirique de Zeltner ([1]), donner des dérivés d'un pouvoir réactionnel encore plus grand que ceux du magnésium, découverts par Victor Grignard.

Plusieurs chimistes, entre autres Simonis ([2]), ont tenté sans résultat de préparer les corps R — Be — X par action du métal sur les halogénures R — X. J'ai moi-même essayé en vain d'obtenir ces dérivés en me plaçant dans les conditions présumées les plus favorables : dessiccation parfaite des produits et des appareils, activation du métal par l'iode, emploi des iodures de méthyle et d'éthyle, de glucinium très divisé, de divers éthers comme solvants — jusqu'à l'oxyde d'isoamyle, dont le point d'ébullition est assez élevé.

Le glucinium employé formait une fine poudre cristalline très brillante. Il ne m'en restait plus, après ces essais infructueux, qu'une petite quantité; j'ai voulu l'employer dans une dernière expérience, en me fondant sur les considérations suivantes :

1. Les éléments de la première rangée horizontale du tableau périodique se détachent en général nettement des autres dans leurs groupes respectifs. Un exemple classique est celui du *fluor* comparé au *chlore* :

F...........	AgF	[*soluble*]	CaF^2	[*insoluble*]
Cl...........	AgCl	[*insoluble*]	$CaCl^2$	[*soluble*]

Or, considérons le tableau :

Be..	$(C^2H^5)^2Be$	[(liq.) *soluble* dans l'éther]	C^2H^5 — BeX	[?]
Mg..	$(C^2H^5)^2Mg$	[*insoluble* dans l'éther]	C^2H^5 — MgX	[*soluble* dans l'éther]

Ce tableau suggère l'idée que les organo-gluciques *mixtes* pourraient bien êtres insolubles dans l'éther.

2. Le glucinium, abstraction faite de sa valence, est analogue à l'aluminium. Or ce dernier, quand il se recouvre au contact d'un réactif, de l'oxygène humide par exemple, d'une couche solide qui le protège contre

---

([1]) *Journal für prakt. Ch.*, 77, 1908, p. 394.

([2]) D'après une Note de cet auteur dans l'ouvrage : Th. Weyl, *Les méthodes de la Chimie organique* (traduction française par R. Cornubert), t. 3, Paris, 1919, p. 1039.

une action ultérieure, retrouve son activité en présence d'une trace d'un sel mercurique. Par analogie, j'ai réalisé l'expérience suivante.

Dans un ballon de 150^{cm^3} avec réfrigérant ascendant, tous deux bien desséchés, j'ai introduit $0^g,312$ de glucinium et la quantité théorique, soit $4^g,922$ de CH^3I dans 50^{cm^3} d'éther anhydre. Après avoir porté le liquide à l'ébullition, j'ai cessé de chauffer, et j'ai laissé tomber aussitôt sur le métal un fragment de chlorure mercurique pesant environ $0^g,1$. Une réaction s'est amorcée localement, provoquant l'ébullition de l'éther; il a suffi de chauffer modérément pendant 40 minutes pour faire disparaître tout le métal.

Le produit de la réaction est un solide grisâtre, adhérant au ballon, paraissant insoluble dans l'éther. Lavé deux fois à l'éther anhydre, puis traité dans le ballon même que traversait un courant de CO^2, par HCl dissous, il a dégagé un gaz dont le volume, mesuré sur la cuve à potasse et ramené aux conditions normales, était 769^{cm^3}. Ce gaz a donné, par explosion avec O^2 dans l'eudiomètre, son propre volume de CO^2 : c'était donc du méthane, car il ne présentait pas les réactions CO.

Le contenu du ballon ayant été neutralisé par KOH, j'y ai dosé l'iode et j'ai trouvé $4^g,349$ de cet élément.

Les données ainsi acquises se résument ainsi :

	Trouvé.	Calculé pour $CH^3.BeI$.
CH^4 dégagé.................	769^{cm^3}	$776^{cm^3},5$
Iode......................	$4^g,349$	$4^g,402$

Il s'agit donc bien du dérivé mixte $CH^3.BeI$; je n'ai pas déterminé s'il est ou non combiné à l'éther.

Dans une autre expérience *sur du glucinium du même échantillon*, l'iodure d'éthyle a donné aussi une masse grisâtre, se présentant sous le microscope en petits amas translucides, sur lesquels tranchaient quelques paillettes brillantes de métal inaltéré. Le corps a paru peu sensible à l'action de l'eau ; il a dégagé par HCl sensiblement le volume théorique d'éthane.

Enfin *un autre échantillon* de glucinium, de la même provenance mais *en cristaux beaucoup plus gros*, n'a pas donné de réaction, ce que j'ai attribué soit à une faute dans le mode opératoire, soit à l'état physique du métal. Un accident survenu au ballon n'a pas permis de reprendre cet essai, dont l'échec n'infirme en rien les résultats ci-dessus.

Ces recherches seront continuées.

MINÉRALOGIE. — *Sur la température de transformation paramorphique de la cristobalite.* Note [1] de M. R. Weil, présentée par M. Pierre Termier.

Selon la théorie de Smits [2] la cristobalite serait un mélange de deux espèces de molécules dont la proportion dépendrait de la température de formation. Il y aurait, pour une cristobalite obtenue dans des conditions déterminées de température, un point de transformation paramorphique unique et bien défini. J'ai signalé que lorsque, au lieu de se fier à des méthodes indirectes d'analyse thermique ou de dilatométrie qui ne révèlent que des propriétés moyennes, on suit simplement la transformation sous le microscope, l'allure de cette transformation ne répond en rien à ce qu'exigerait la théorie de Smits. On constate ainsi que, non seulement pour les divers cristaux d'un même échantillon naturel ou artificiel, mais en divers points d'un même cristal, la transformation, qui est subite, instantanée, se produit à des températures bien constantes en un même point, mais variables d'un point à l'autre. M. L. Longchambon ayant mis le fait en doute [3], je crois devoir indiquer les précautions opératoires à observer.

La principale est de ne faire varier la température que très lentement, tant au chauffage qu'au refroidissement. La vitesse ne doit pas dépasser 8° à 16° par heure. A défaut de cette précaution essentielle, les retards de transformation deviennent à la fois plus importants et plus variables, et masquent la régularité des températures de transformation. Lorsque le cristal est très fissuré, ce qui favorise les retards, 8° par heure est un maximum. D'autre part, il faut rendre les lames ou les cristaux transparents par immersion dans un liquide; l'huile de spermaceti, protégée contre l'oxydation par un courant de CO^2, convient bien. Enfin un fort éclairage est nécessaire, l'indice de l'huile diminuant rapidement aux températures élevées et la transparence devenant alors imparfaite.

En opérant ainsi, on constate que, dans l'étendue d'un cristal, la transformation se produit par plages, et très brusquement pour chaque plage. Entre nicols, les plages s'éteignent subitement à l'échauffement ou reparaissent par éclairs au refroidissement.

---

(1) Séance du 26 avril 1926.

(2) Fenner, *Am. J. Sc.*, 36, 1913, p. 331. — Smits et Endell, *Zeit. an. Chem.*, 106, 1919, p. 143. — Smits, *Theorie der Allotropie*, 1921, p. 255.

(3) L. Longchambon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 614.

Il est facile de les dessiner à la chambre claire et de noter les températures de transformation de chacune. On observe alors que l'ordre dans lequel les plages se sont éteintes à l'échauffement se retrouve, en sens inverse, pour la réapparition de leur biréfringence au refroidissement. Il y a toujours, aussi bien à l'échauffement qu'au refroidissement, un certain retard, et la différence entre les températures de transformation est relativement grande, de l'ordre de 15° à 20°. Mais si l'on opère assez lentement, ces retards sont, pour un même cristal, suffisamment constants pour ne pas masquer cette loi tout à fait générale. D'autre part, si l'on répète l'opération à plusieurs reprises, on retrouve toujours les mêmes températures pour la même plage, en général à moins de 1° près. Les différences atteignent tout au plus 1° à 2° dans les cristaux les plus fissurés, et peuvent encore être réduites en ralentissant la variation de température.

Il est donc certain que, dans un même cristal, la température d'équilibre de transformation, bien constante pour une même plage, varie d'une plage à l'autre. Il en est ainsi dans toutes les cristobalites, aussi bien artificielles que naturelles. Par contre, les températures de transformation et la grandeur de l'intervalle compris entre les températures extrêmes d'un même échantillon varient beaucoup selon les provenances. Les limites extrêmes que j'ai observées sont, à l'échauffement, de 170° et 265° pour les cristobalites artificielles, c'est-à-dire à peu près les mêmes que pour les cristobalites naturelles. Dans un même lot obtenu dans des conditions déterminées ou provenant d'un même gisement naturel, on retrouve toujours, à peu de chose près, les mêmes limites de températures. L'écartement de ces limites atteint au minimum une dizaine de degrés dans la cristobalite obtenue à partir de quartz très pur et en évitant autant que possible l'introduction de toute impureté. Il va jusqu'à 55° dans la cristobalite naturelle de Tehama County.

La température de formation intervient, mais seulement comme l'un des facteurs, et n'a pas l'importance que lui attribuent Fenner et la théorie de Smits. On constate bien que la transformation ne commence jamais avant 220° pour les cristobalites préparées au-dessus de 1400°. Mais en revanche des cristobalites obtenues à très basse température peuvent avoir un point de transformation élevé. Ainsi les limites pour la cristobalite de voie humide obtenue vers 700° (1) sont de 240° et 265° (à l'échauffement).

Il n'y a, dans ces faits, rien qui puisse, selon la suggestion de M. Da-

---

(1) R. Weil, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 423.

miens (¹), résulter de ce que la cristobalite, aux températures en question, est en état instable. Il ne s'agit pas non plus, comme on pourrait l'imaginer d'après les courbes dilatométriques (²), d'une transformation paresseuse, car pour chaque petite plage la transformation est instantanée. Il est probable que l'abaissement du point de transformation est dû simplement à l'existence, en quantité variable, d'une impureté.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le violutoside, nouveau glucoside à salicylate de méthyle, retiré du* Viola cornuta *L.* Note de M. **Paul Picard**, présentée par M. L. Guignard.

En 1904, M. A. Desmoulière a constaté que le *Viola tricolor arvensis* renfermait un glucoside à salicylate de méthyle (³). J'ai fait la même constatation avec le *Viola gracilis* et le *Viola cornuta* L. et j'ai réussi à extraire ce glucoside du *V. cornuta* L. Il n'est pas identique au monotropitoside que M. M. Bridel a extrait du *Monotropa hypopitys* L. (⁴). C'est pourquoi je propose de nommer ce nouveau glucoside à salicylate de méthyle violutoside.

Extraction. — On projette les plantes dans l'alcool bouillant. L'extrait obtenu par concentration de la solution alcoolique est épuisé par l'éther acétique hydraté; l'extrait éthéro-acétique repris par l'eau est agité avec du carbonate de chaux. La solution aqueuse est déféquée à l'extrait de Saturne, traitée par l'hydrogène sulfuré, puis évaporée sous pression réduite sans dépasser 50°. L'extrait est repris par de l'éther acétique anhydre qui laisse déposer des cristaux de glucoside impur.

8^{kg} de plante récoltés le 8 et le 16 octobre 1924 ont fourni $0^g,12$ de glucoside, et 30^{kg} récoltés le 30 octobre et le 3 novembre ont donné $0^g,44$ de produit, soit un rendement voisin de $0^g,015$ par kilogramme.

Pour purifier ce produit, on en a traité $0^g,42$ par de l'acétone anhydre et du noir animal, puis on l'a précipité à l'éther. On a recueilli $0^g,29$ de glucoside pur, soit un rendement de $0^g,01$ à peine par kilogramme de planche fraîche.

(¹) Damiens, *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1924, p. 87.

(²) Endell et Riecke, *Zeit. An. Chem.*, 79, 1913, p. 239. — Braesco, *Thèse*, Paris, 1920, p. 24.

(³) A. Desmoulière, *Sur la présence normale d'acide salicylique dans un certain nombre de plantes de la famille des* Violacées *et dans le Souci, les Cerises et les Merises* (*Journ. Pharm. Chim.*, 6ᵉ série, 19, 1904, p. 121).

(⁴) M. Bridel, *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.* (2ᵉ Mémoire). *Obtention d'un nouveau glucoside à salicylate de méthyle, la monotropitine* (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 5, 1923, p. 915).

Propriétés. — Le produit cristallisé pur renferme 3,40 pour 100 d'eau ($0^g,1936$ ont perdu en 6 heures $0^g,0066$). Il fond à $+168^\circ,5$ au bloc Maquenne. Le pouvoir rotatoire du violutoside à 2,84 pour 100 d'eau, est de $\alpha_D = -35^\circ,18$ ($p = 0,1876$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -1^\circ,32$), soit pour le produit anhydre $\alpha_D = -36^\circ,20$.

Par l'orcine chlorhydrique, il donne la coloration bleu violet, caractéristique des pentoses.

Par l'acide sulfurique à 3 pour 100, à $+105^\circ$, il fournit 75,74 pour 100 de sucre réducteur. L'indice de réduction est de 418.

On a dosé l'acide salicylique en suivant le procédé de M. Bougault indiqué pour le monotropitoside [1]. On a obtenu un poids de tétraiododiphénylènequinone correspondant à $0^g,0538$ d'acide salicylique pour $0^g,1722$ de glucoside, soit 31,14 pour 100.

Les points de fusion et les pouvoirs rotatoires du monotropitoside et du violutoside sont nettement différents. Ils fournissent la même quantité de sucre réducteur, la même quantité d'acide salicylique. Ils renferment tous les deux un pentose. D'ailleurs, que le pentose contenu dans la molécule soit le xylose ou l'arabinose-*l*, les proportions de sucre réducteur et d'acide salicylique sont les mêmes, la seule différence résidant dans le pouvoir rotatoire.

Les déviations obtenues après hydrolyse concordent avec l'hypothèse de la présence de l'arabinose-*l*.

Hydrolyse fermentaire. — On a opéré sur une solution à $0^g,5226$ de glucoside pour 100^{cm^3}. On a fait agir la poudre fermentaire de *Cornus sanguinea* L. 28 jours à $+30^\circ$. La rotation a passé de $-0^\circ,378$ à $+0^\circ,310$, soit un changement de $0^\circ,688$. Il s'est formé $0^g,2140$ de sucre réducteur exprimé en glucose pour 100^{cm^3}; soit un indice de réduction enzymolytique de 311. Ces résultats sont en désaccord complet avec la formation de primevérose, mais en accord avec la formation de vicianose [2].

Conclusion. — Comme le monotropitoside, le nouveau glucoside est formé par l'union d'une molécule de salicylate de méthyle et d'une molécule d'un hexopentose. Mais le pentose du violutoside n'est pas du xylose. Les résultats obtenus sont en faveur de la présence de l'arabinose-*l*, qui

(1) M. Bridel et P. Picard, *Sur la préparation et les propriétés du monotropitoside* (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 1028).

(2) G. Bertrand et G. Weisweiller, *Le vicianose, nouveau sucre réducteur en* C^{11} (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **9**, 1911, p. 38).

serait combiné au glucose sous la forme de vicianose. Mais il est bien évident que pour affirmer cette constitution avec certitude il faut séparer le vicianose des produits d'hydrolyse fermentaire du violutoside.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La migration des substances azotées chez le Hêtre au cours du jaunissement automnal.* Note de M. **R. Combes**, présentée par M. M. Molliard.

L'étude du Chêne, dont j'ai résumé les résultats dans une précédente Note [1], m'a permis d'établir l'existence, jusqu'alors discutée, du phénomène d'émigration des substances azotées des feuilles vers les tiges et les racines pendant le jaunissement automnal. J'ai entrepris, en 1924 et en 1925, des recherches sur le Hêtre en vue de vérifier les résultats obtenus sur le Chêne et, en outre, de définir la marche et la durée du phénomène d'émigration au cours de l'automne. Elles ont porté sur de jeunes plantes, âgées de 2 ans en 1924, et développées dans des conditions normales en forêt de Fontainebleau.

L'azote total a été dosé séparément dans les feuilles, les tiges et les racines, l'ensemble des trois dosages permettant de connaître la quantité d'azote contenue dans une plante tout entière. A chaque récolte, quatre lots de quatre plantes ont été soumis aux dosages.

J'indique ci-dessous les résultats totaux relatifs à l'ensemble des seize plantes constituant chacune des récoltes faites en 1925. Ces résultats sont exprimés en milligrammes.

	3 septembre : Feuilles vertes.			24 septembre Feuilles en partie jaunes.			13 octobre : Feuilles jaunes.			1er novembre : Feuilles brunes.		
	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.	Subst. sèche.	Azote.	Azote p. 100.
Feuilles	1620	30,17	1,86	1432	23,59	1,65	1750	23,66	1,35	1100	10,43	0,95
Tiges	2844	18,48	0,65	2697	17,85	0,66	3207	25,20	0,78	2975	33,11	1,11
Racines	3967	25,83	0,65	3986	20,44	0,51	4177	23,73	0,57	3790	25,62	0,76
Tiges et racines	6811	44,31	0,65	6683	38,29	0,57	7384	48,93	0,66	6765	58,73	0,87
Plantes entières	8431	74,48	0,88	8115	61,88	0,76	9134	72,59	0,79	7865	69,16	0,88

L'examen de ces résultats permet tout d'abord de retrouver, chez le Hêtre, le phénomène le plus important constaté chez le Chêne : disparition

(1) R. Combes, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 984.

d'une grande partie de l'azote contenu dans les feuilles, corrélative d'un enrichissement des organes vivaces; la teneur en azote baisse, en effet, dans les feuilles de 1,86 pour 100 à 0,95 pour 100, tandis qu'elle augmente, dans l'ensemble des tiges et des racines, de 0,65 pour 100 à 0,87 pour 100. On arrive à des constatations analogues si l'on considère les résultats exprimés en quantités absolues et non plus en quantités relatives.

Les physiologistes qui jusqu'ici ont étudié les modifications que subit la constitution chimique des feuilles pendant le jaunissement automnal n'ont en général fait porter leurs analyses que sur deux récoltes faites : l'une quand les feuilles sont encore vertes, l'autre lorsqu'elles sont devenues jaunes. Il était impossible, dans ces conditions, de connaître la marche du phénomène d'émigration automnale au cas où ce dernier existerait. Après avoir tout d'abord établi l'existence de ce phénomène par mes recherches sur le Chêne, il importait ensuite d'en déterminer la marche, la durée et les variations. Pour cela j'ai évalué, à des époques relativement rapprochées (tous les 20 jours), les quantités absolues d'azote qui abandonnent les feuilles de 16 pieds de hêtre pour émigrer vers les organes vivaces.

A chacune des récoltes de hêtre indiquées dans le tableau ci-dessus, un certain nombre de feuilles furent en même temps cueillies sur des pieds voisins de ceux qui étaient récoltés. Dans ces feuilles, des rondelles de surfaces égales furent découpées à l'emporte-pièce, puis le poids de la substance sèche fut déterminé sur des lots de 10 de ces rondelles. La surface des feuilles restant constante à la fin de la période végétative, la variation du poids de surfaces foliaires égales, déterminée dans ces conditions, représente donc la variation réelle du poids de la substance sèche que subissent les feuilles au cours de cette période. Il a ainsi été trouvé que la substance sèche contenue dans une surface déterminée de feuilles de hêtre, d'un poids moyen de 106^{mg} le 3 septembre, ne pesait plus que 104^{mg} le 24 septembre, 101^{mg} le 13 octobre et 87^{mg} le 1^{er} novembre. Ces résultats m'ont permis de calculer la variation du poids de la substance sèche qu'auraient subi au cours de l'automne les feuilles de 16 pieds de hêtre récoltés le 3 septembre s'ils avaient été laissés en place. Le poids de la matière sèche, de 1620^{mg} le 3 septembre, aurait baissé à 1590^{mg} le 24 septembre, à 1544^{mg} le 13 octobre, et à 1330^{mg} le 1^{er} novembre. Enfin le calcul des quantités absolues d'azote contenues dans ces feuilles, effectué d'après les teneurs en azote indiquées dans le tableau ci-dessus, donne les résultats suivants : les feuilles des 16 pieds de hêtre, renfermant $30^{mg},17$ d'azote le 3 septembre, en auraient contenu $26^{mg},23$ le

24 septembre, 20^{mg},84 le 13 octobre et 12^{mg},63 le 1er novembre. Ces feuilles auraient donc perdu 3^{mg},94 d'azote du 3 au 24 septembre, 5^{mg},39 du 24 septembre au 13 octobre, et 8^{mg},21 du 13 octobre au 1er novembre.

Ces résultats permettent de définir la marche et la durée du phénomène d'émigration au cours de l'automne : le transport des matières azotées des feuilles vers les organes vivaces débute au moment où les feuilles commencent à jaunir (l'analyse de plantes récoltées le 28 juillet a montré que la teneur en azote des feuilles n'a pas varié entre le 28 juillet et le 3 septembre), il se poursuit pendant toute la durée du jaunissement, et il devient de plus en plus rapide jusqu'à la mort des feuilles. La durée du phénomène d'émigration est assez longue : en 1925, chez le Hêtre aussi bien que chez le Chêne, elle a été de 2 mois environ, l'émigration commençant au début de septembre et se prolongeant jusqu'à la fin d'octobre.

On a beaucoup discuté sur la question de savoir si l'émigration automnale devait être considérée comme représentant la continuation des transports de substance qui ont lieu normalement pendant la vie active de la feuille, ou si elle devait être envisagée comme un phénomène nouveau, particulier à la fin de la vie de la feuille. Les résultats précédents, et en particulier le fait que l'émigration s'accélère après que la chlorophylle a complètement disparu des tissus, engagent à adopter la seconde manière de voir. Il se produirait, en automne, une véritable évacuation de certains constituants des tissus foliaires. Il reste à préciser les causes qui déterminent cette évacuation.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'amplification et l'audition collective des bruits du cœur et des autres bruits d'auscultation*. Note de **G. Lafon**, présentée par M. E. Leclainche.

Les progrès réalisés en T. S. F. par l'emploi de la lampe à trois électrodes ont donné l'idée d'appliquer ce procédé d'amplification aux bruits d'auscultation, de manière à permettre leur audition simultanée et à distance par plusieurs observateurs.

Dès 1923, nous nous sommes préoccupé de faire entendre les bruits du cœur, normaux ou pathologiques, à un auditoire de plusieurs personnes, à l'aide d'un haut parleur.

Nos premiers essais ont eu lieu en décembre 1923. Le dispositif employé comprenait :

1° Un stéthoscope (en l'espèce un phonendoscope de Bazzi et Bianchi ou une

simple capsule de cardiographe de Marey) appliqué sur la région du cœur et relié par un tube de caoutchouc, de 4 à 5mm de diamètre intérieur, à un microphone de construction spéciale (comprenant une mince plaque de graphite, solidaire d'une cellule à grenaille de graphite). En avant de la membrane du microphone se trouve un pavillon fermé par un bouchon, traversé par un tube en Y dont l'une des branches est reliée au stéthoscope, tandis que l'autre est prolongée par un tube de caoutchouc librement ouvert à l'extérieur, de façon à laisser à la membrane du microphone toute sa liberté de vibration. Ce tube porte à son extrémité un embout qui permet en outre de pratiquer l'auscultation directe de contrôle. Ce dispositif de transmission par l'air supprime tous les bruits étrangers, notamment les bruits de la respiration.

2° Le courant du circuit microphonique, fourni par un élément ou une batterie de 1 à 6 volts, traverse un transformateur dont le circuit secondaire passe ensuite dans un amplificateur à lampes, à deux étages, comprenant deux transformateurs B. F., une batterie de chauffage de 4 volts, avec rhéostat, et une batterie de 80 volts pour la tension plaque.

3° Un haut-parleur (diffuseur Pathé).

Grâce à ce dispositif nous avons pu rendre les bruits normaux du cœur nettement perceptibles à un auditoire de 40 personnes, et nous nous en servons couramment depuis lors pour illustrer notre cours sur le cœur et la circulation.

Nous avons également fait des essais sur l'audition des bruits anormaux, dans un hôpital. Si les altérations du rythme (arythmies, dédoublements, bruit de galop) sont nettement appréciables par cette méthode, la perception nette des bruits de souffle demande une certaine éducation de l'oreille, à cause du souffle continu produit dans le haut-parleur par le courant microphonique, ce qui donne aux bruits, même normaux, un timbre soufflant, du moins pour les observateurs placés trop près du haut-parleur. Les essais que nous avons faits pour supprimer ce souffle ne nous ont donné jusqu'ici aucun résultat, toutefois cet inconvénient disparaît dès qu'on se trouve placé à une distance de 3 ou 4m.

Le microphone dont nous nous sommes servi pour les bruits du cœur ne se prête pas à l'auscultation des bruits respiratoires; le microphone du téléstéthoscope de Glover (1), qui s'applique directement sur la paroi thoracique, paraît au contraire convenable pour cet usage et peut servir aussi à la perception des bruits du cœur.

Nous ne pensons pas cependant que cette méthode d'auscultation collective soit de nature à suppléer la finesse de l'oreille dans l'auscultation habi-

(1) Glover, *Thèse*, Paris, 1922.

tuelle; nous la considérons seulement comme une méthode de démonstration, permettant de rendre les bruits d'auscultation perceptibles à tout un auditoire ou à tout un groupe d'étudiants, dans une salle de cours ou une salle d'hôpital, sans avoir recours à l'auscultation individuelle et, par conséquent, sans fatigue pour le malade.

Le dispositif décrit ci-dessus nous a permis de réaliser, le 20 avril et le 4 mai 1926, à la Station radio-téléphonique des P. T. T. de Toulouse, la transmission par T. S. F. des bruits normaux et anormaux du cœur.

La réussite de ces essais et de ceux faits antérieurement, devant un auditoire plus restreint, montre que ce dispositif simple, peu coûteux et facilement réalisable, les appareils et accessoires de T. S. F. étant aujourd'hui dans toutes les mains, est susceptible de rendre des services comme moyen de démonstration et d'enseignement.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la visibilité de la portion initiale du spectre ultraviolet*. Note [1] de MM. **Jean Saidman** et **L.-G. Dufestel**, transmise par M. Daniel Berthelot.

La visibilité des rayons ultraviolets est encore l'objet de discussions, on les désigne souvent comme des radiations invisibles. Cependant Mathiessen avait affirmé en 1844 avoir pu distinguer le spectre solaire jusqu'à la raie R(3180 Å.). Helmholtz limitait la visibilité de l'œil à 3820, A. Broca la plaçait entre 4000 et 4100 Å. Dans un ouvrage remarquable qui vient de paraître, Toulant indique n'avoir pas aperçu la raie 3660 Å. Ayant fait des expériences avec des verres de Wood, cet auteur conclut que la visibilité à travers ces écrans est due, non pas aux ultraviolets mais à des radiations de l'extrême rouge.

Il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude de la visibilité de la portion initiale de l'ultraviolet en utilisant un monochromateur très intense spécialement construit pour l'un de nous et en éliminant par des écrans, la plupart des radiations visibles pour éviter les causes d'erreur dues au rayonnement lumineux diffusé par les appareils.

Nous avons utilisé comme instrumentation le monochromateur à équipage de quartz de court foyer et de grande ouverture relative ($\frac{1}{3}$) fabriqué

(1) Séance du 3 mai 1926.

par Jobin et Yvon. La source employée était une lampe à vapeur de mercure en quartz.

En faisant tomber sur la fente de l'appareil la totalité du spectre émis, nous nous sommes assurés que l'œil ne percevait pas au delà des environs de 4000 Å (1); la radiation 404$^{m\mu}$ apparaît en violet clair.

Nous avons alors placé sur le trajet du faisceau incident des écrans de provenances diverses, constitués par du verre contenant de l'oxyde de nickel et transmettant la raie 365$^{m\mu}$.

En utilisant un verre fourni par la maison Gallois, nous avons constaté que la raie 365 devenait visible en violet et était seule visible; rien d'autre n'était perceptible à l'œil dans le reste du spectre, sauf des traces de raies jaune et orangée.

Avec un échantillon de verre pyrex, plusieurs raies étaient visibles :

La raie 403 prédominante;
La raie 390 faible;
La raie 365 assez faible.

Enfin nous avons employé des écrans fournis par la maison Radiana, ceux-ci de composition identique, ne variant que par leur épaisseur :

L'échantillon n° 1 nous a montré une raie 403 prédominante, mais la raie 365 était également assez intense;

L'échantillon n° 2 nous a donné l'égalité visuelle absolue entre les deux raies, et, en juxtaposant ces deux derniers écrans, la raie 404 disparaissait alors que 365 persistait légèrement affaiblie.

Nous avons ensuite étudié la visibilité de la raie 365 au triple point de vue de la couleur, de l'intensité visuelle et de l'accommodation.

La couleur semble, pour l'œil bien accommodé, et en envoyant le faisceau incident directement sur la fente du monochromateur, absolument identique à celle de la raie 4040 violette. En faisant varier l'incidence du faisceau et en diminuant l'éclairement, la teinte devient gris bleuâtre, puis blanchâtre (couleur lavande).

Mais en se plaçant dans les conditions habituelles, la teinte de la raie 365 est pratiquement impossible à distinguer de celle de la raie 404 ainsi que Wood l'avait déjà remarqué.

La sensibilité rétinienne a été mesurée en utilisant l'écran Radiana n° 2 donnant la même impression visuelle pour les deux raies 403 et 365.

(1) Ce qui confirme l'expérience antérieure de Toulant.

Nous avons alors pris à travers ce filtre un spectrogramme avec une exposition rapide (2 secondes). Sur le cliché, la raie 365 était seule visible et 403 ne pouvait même pas être soupçonnée.

Nous avons procédé ensuite par tâtonnement, prenant des spectrogrammes avec des temps de pose croissants jusqu'à ce que nous obtenions un cliché avec une raie 405 aussi intense que la raie 365 du premier spectre. Ce résultat fut atteint avec un temps de pose de 1500 secondes. En tenant compte du rapport entre les deux temps de pose et de la différence de sensibilité des plaques photographiques pour les deux ordres de radiations considérées, nous sommes arrivés à cette conclusion que l'œil humain était d'environ 900 ou 1000 fois moins sensible à la radiation 365 qu'au violet $404^{m\mu}$.

C'est une des raisons pour lesquelles cette radiation n'est pas perçue en lumière totale.

De plus nous avons remarqué que 365 n'était pas visible au début des expériences, il faut *un temps d'accommodation* de l'ordre de quelques minutes en lumière diffuse pour arriver à une perception satisfaisante.

Les expériences que nous avons réalisées avec des étincelles de haute fréquence entre électrodes métalliques diverses pour essayer de voir plus loin dans l'ultraviolet ne nous ont pas donné de résultats positifs. Ces expériences seront reprises avec une source et des filtres appropriés. Il est évident que si nous avons pu voir 365 avec une netteté aussi grande, c'est en nous plaçant dans les meilleures conditions : monochromateur à grande ouverture relative, source donnant une raie 365 intense, laquelle tombe exactement au centre de la bande de transmission de l'écran à l'oxyde de nickel : Donc, sans préjuger du résultat qui pourrait être obtenu pour les plus courtes longueurs d'onde, nous pouvons conclure que la zone ultraviolette 365 est perceptible pour l'œil humain placé dans des conditions favorables, et que si, en pratique, on ne la distingue pas, c'est parce que la visibilité de l'œil dans cette zone est de l'ordre du millionième de celle des radiations qui impressionnent le plus la rétine.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches nouvelles sur la sensibilité lumineuse différentielle successive pour la lumière blanche.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. A. Desgrez.

Lorsque l'éclairement uniforme d'une surface varie *dans le temps*, nous percevons ou non cette variation, selon qu'elle est plus ou moins considérable par rapport à l'éclairement initial, et selon qu'elle est plus ou moins rapide.

Cette sensibilité différentielle à la lumière dans le temps, ou sensibilité différentielle successive, s'exprime par un symbole de la forme $\frac{\Delta E}{E}$; elle est une fonction de l'éclairement E, et dépend en outre de deux paramètres, à savoir la couleur de la lumière et la vitesse de variation.

Les expériences anciennes d'Augustin Charpentier ne comportent pas un choix heureux et une détermination suffisante de ces paramètres. Notamment, les éclairements y varient trop lentement. Il est donc intéressant de reprendre cette étude sous une forme nouvelle et, autant que possible, plus rigoureuse.

Je décrirai d'abord le dispositif expérimental que j'ai dû imaginer, puis les premiers résultats obtenus.

La source lumineuse employée est une lampe Cotton à filament rectiligne, vertical. Je forme, à l'aide d'une première lentille, une image réelle de ce filament. Une deuxième lentille reprend le faisceau et va former, sur un écran de magnésie, une image réelle de celle des faces de la première lentille qui regarde la source. De plus, l'image réelle est diaphragmée par une fente horizontale calculée pour *n'admettre que les rayons correspondant au champ de pleine lumière du système.*

Dans le plan de l'image du filament tourne une roue pleine, qu'il est possible d'élever ou d'abaisser, de façon à réduire plus ou moins la hauteur utilisée de la fente. La roue porte une seule dent, taillée en retrait sur la circonférence, et assez profonde pour que la fente soit toujours découverte sur toute sa hauteur au moment du passage de la dent. Les bords de cette dent sont taillés suivant deux rayons de la roue.

Dans ces conditions :

1° L'éclairement de la surface de magnésie reste toujours uniforme dans l'espace;

2° Dans le temps, il variera proportionnellement à la hauteur de fente laissée découverte par la roue;

3° Lorsque la dent taillée à la périphérie de la roue passera au devant de l'image du filament formée sur la fente, l'éclairement prendra une valeur correspondant à toute la hauteur de la fente, et sa variation, dans le temps, aura été pratiquement une discontinuité.

Dans toutes les expériences qui vont suivre, j'ai observé la plage diffusante de magnésie, sous un angle de 30° par rapport à la direction du regard, et à une distance de $0^m,50$, bien qu'il ne soit pas théoriquement indispensable de respecter la constance de cet angle et de cette distance. Le diamètre de la plage est de $0^m,07$.

Avant chaque mesure, on découvre entièrement la fente, on met un luxmètre à la place de l'écran, et l'on donne au filament la température nécessaire pour produire l'éclairement désiré. La composition de la lumière varie, par conséquent, suivant les éclairements, mais les erreurs introduites de ce fait sont largement inférieures aux erreurs accidentelles.

Ensuite on cherche de quelle hauteur il faut réduire la fente en élevant la roue pour obtenir une sensation différentielle par rotation de la roue.

Si l'on désire une seule discontinuité d'éclairement, il suffit de faire décrire à la roue une rotation inférieure à 2π. L'observation est plus facile si cette discontinuité se reproduit, ce que l'on obtient en faisant tourner la roue d'un mouvement uniforme; la surface éclairée présente alors le phénomène du papillotage. Je me suis toujours tenu très largement au-dessous des vitesses de rotation pour lesquelles le papillotage aurait pu disparaître ou même diminuer.

L'observation a toujours été faite avec les deux yeux, après une adaptation de trois minutes à l'obscurité de la salle. Je crois pouvoir, dès maintenant, avancer que les résultats ainsi obtenus diffèrent peu de ceux que l'on aurait eus avec un seul œil, et avec une plus longue durée d'adaptation.

J'ai obtenu, comme valeurs de la sensibilité différentielle successive, en vision directe et pour la lumière blanche, des résultats dont j'extrais les moyennes suivantes :

Lux...........	0,15	0,30	0,50	1	10	50	100
$\Delta E : E$ (p. 100)..	8,5	7,5	6,3	4	2,5	2	1,8

La sensibilité différentielle successive *met en jeu la mémoire :* elle est donc un phénomène plus compliqué que la sensibilité différentielle simultanée. Cette considération explique que les valeurs trouvées pour la fraction $\frac{\Delta E}{E}$ en sensibilité différentielle successive soient constamment inférieures aux valeurs, actuellement bien connues, qu'elle affecte en sensibilité différentielle simultanée.

Néanmoins, l'allure de la variation des sensibilités différentielles successive et simultanée en fonction de l'éclairement est tout à fait analogue. La sensibilité croît d'abord assez vite pour des éclairements de 0 à 1 lux, puis plus lentement.

En raison de grandes difficultés expérimentales, je n'ai pas encore pu

déterminer si la sensibilité successive présente un maximum. Si ce maximum existe, comme il est probable, mes expériences indiquent qu'il se produit pour un éclairement supérieur à 100 lux.

PHARMACOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la narcose. Sur le coefficient de partage des hypnotiques entre l'eau et les dissolvants organiques, particulièrement les dissolvants possédant des liaisons éthyléniques.* Note de M. **L. Velluz**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le coefficient de partage entre l'eau et les lipides ou matières grasses a été invoqué par Hans Meyer et Overton ([1]) comme un des facteurs déterminants de la narcose. Ces auteurs ont montré que si l'on agite un composé chimique doué de propriétés anesthésiques au contact de l'eau et d'un lipide (ou d'un lipoïde) non miscible à l'eau, la fraction du narcotique qui est enlevé à la solution aqueuse est d'autant plus grande (coefficient de partage) que le corps étudié a un pouvoir anesthésique plus marqué.

Il ne s'ensuit pas nécessairement que, seules, les propriétés physiques conditionnent l'action narcotique. Des expériences relatées ci-dessous nous ont conduit à faire intervenir dans le partage entre l'eau et un lipide non miscible avec elle certaines particularités de constitution présentées par le lipide et, en première ligne, la présence dans sa molécule de liaisons éthyléniques. Nos expériences ont porté sur six hypnotiques appartenant à trois séries distinctes (sulfones — dérivés barbituriques — hydantoïnes) et sur un antiseptique : le chlorure mercurique. Le coefficient de partage K est donné par la relation :

$$K = \frac{a - x}{x} \times \frac{v}{v'}$$

où a et x représentent les concentrations de l'hypnotique dans la phase aqueuse (volume v) avant et après l'agitation avec le solvant organique (volume v'). La détermination de x a été faite selon la technique suivante :

On agite énergiquement 30^{cm^3} du solvant organique avec la solution aqueuse ajoutée d'abord peu à peu, pendant un quart d'heure environ. L'émulsion homogène est alors centrifugée et filtrée à plusieurs reprises sur coton légèrement humide; x est déterminé par pesée après évaporation dans le vide d'une partie aliquote de la solution aqueuse limpide obtenue.

([1]) E. Overton, *Studien über die Narkose*, Iéna, 1901.

L'huile de vaseline ne dissout que les hypnotiques ayant avec les glycérides un coefficient de partage anormalement élevé (sulfones-acide phényl-éthyl-barbiturique).

Pour les glycérides d'acides gras, le coefficient de partage croît régulièrement avec l'indice d'iode. Le tableau suivant résume quelques-uns de nos résultats :

		Valeur du coefficient de partage K.					
Dissolvants neutres.	Indice d'iode des lipides.	Sulfonal.	Trional.	Véronal.	Dial.	Dipropyl-hydantoïne.	Chlorure mercurique.
Huile de vaseline	0	0,11	0,50	0	0	0	0
Huile d'olives	80	1,1	4,4	0,26	0,76	0,52	0,30
Huile d'amandes douces.	98	1,24	4,58	0,27	0,87	0,60	0,36
Huile de sésame	110	1,40	4,7	0,29	0,92	0,65	0,39
Huile de lin	180	2	5,1	0,33	1,3	0,90	0,50
Dissolvants acides.							
Acide oléique	98	0,34	2	0,30	0,80		0,11
Acides non saturés de l'huile de lin	145	0,90	2,4	0,57	1,43		0,16

La présence du groupe carboxyle libre dans l'acide oléique et les acides non saturés de l'huile de lin abaisse la valeur du coefficient de partage par rapport aux glycérides neutres correspondants.

La recherche comparative du coefficient de partage avec deux carbures cycliques à chaîne latérale saturée (éthylbenzène) ou non saturée (phényléthylène) a confirmé cette loi. Le premier de ces carbures nous a donné :

Pour le véronal .... $K = 0,02$
Pour le chlorure mercurique .... $K = 0,07$

et le deuxième carbure :

Pour le véronal .... $K = 0,96$
Pour le chlorure mercurique .... $K = 1,06$

L'addition d'éthers de la cholestérine, dans la proportion de 20 pour 100 sous forme de lanoline, ne modifie le coefficient de partage qu'autant qu'elle influence l'indice d'iode du lipide et son pouvoir d'imbibition par l'eau.

L'huile de ricin présente une particularité; on peut attribuer l'élévation anormale du coefficient de partage pour ce lipide à la fonction alcoolique de l'acide ricinoléique. Nous avons en effet obtenu des résultats analogues par comparaison entre le cyclohexane et le cyclohexanol, entre l'acide caprylique et l'alcool caprylique.

De ces différentes recherches, il nous paraît possible de conclure à une action élective des groupements OH et COOH libres et surtout des liaisons éthyléniques, pour la fixation des hypnotiques par les dissolvants organiques. Cette fixation doit être envisagée comme le résultat d'une adsorption régie, comme Nernst [1] l'a démontré, par la loi exponentielle des phénomènes de partage.

On peut aussi rapprocher ces résultats des conclusions de Langmuir [2] relatives à l'étalement des huiles et à la théorie chimique de l'adsorption. Suivant cette théorie, dans les micelles lipoprotéiques, les portions « actives » (groupes OH, COOH, CH = CH) sont dirigées vers l'extérieur, c'est-à-dire sont immergées dans le liquide intermicellaire. Dès lors, il n'est plus besoin d'imaginer une pénétration des hypnotiques à travers une membrane de lipides limitant la cellule. C'est vraisemblablement l'orientation des portions « actives » de la micelle qui détermine l'adsorption des hypnotiques.

BIOLOGIE. — *Sur les facteurs essentiels d'un complexe biologique.* Note [3] de M. **Jean-C. Faure**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une précédente Note, j'ai mis en évidence la multiplicité des Insectes entomophages pouvant attaquer la Piéride du Chou (*Pieris brassicæ* L.); de nombreuses autres causes naturelles de destruction concourent à limiter encore son taux de pullulation. Au cours de mes recherches, commencées en 1922, j'ai rencontré en outre deux Hémiptères et deux Hyménoptères prédateurs et un Champignon entomophyte. Paillot isolait dans la même région dix espèces de Bactéries, quatre espèces de Microsporidies et deux Microorganismes qu'il a classés dans le genre *Borrellina*, entre les Bactéries et les Protozoaires. L'étude comparative du rôle de ces facteurs limitateurs m'a permis d'en faire un classement et de dégager ainsi les données essentielles de ce complexe biologique.

Sauf peut-être les maladies causées par les *Borrellina*, encore peu étudiées, ce sont principalement les Hyménoptères parasites qui doivent retenir l'attention. L'*Apanteles glomeratus* L. et le *Pteromalus puparum* L.

---

(1) Nernst, *Zeit. Phys. Ch.*, 8, 1891, p. 110.
(2) Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 1848.
(3) Séance du 3 mai 1926.

parasites électifs de la Piéride du Chou, le *Tetrastichus rapo* Walk., parasite électif de l'*A. glomeratus*, dont il tend par son hyperparasitisme à neutraliser le rôle utile, sont en quelque sorte les pivots du système. Leur influence dans les fluctuations du taux de pullulation de la Piéride est prédominante : dans des recherches poursuivies sur un assez vaste territoire, elle voile les actions limitées des autres causes naturelles de destruction. Ce qui n'empêche pas celles-ci d'être parfois importantes ; mais dépendant de circonstances locales, leur répercussion sur une invasion généralisée est peu sensible, sinon nulle.

Le rôle des parasites occasionnels se réduit à fort peu ; tout à fait exceptionnellement leur action devient effective. Tel fut le cas du *Chalcis femorata* Panz. dans la région lyonnaise en août 1923 ; nous avons observé la même année quelques petits foyers où le parasitisme du *Pteromalus variabilis* Ratz. snr l'*A. glomeratus* était intense. Mais l'action utile ou néfaste des parasites occasionnels n'est jamais soutenue ; c'est une force capricieuse, qui restera toujours inutilisable.

Les parasites normaux, autres que les espèces électives de l'Insecte envisagé, méritent de retenir davantage l'attention. Leur action est plus soutenue, mais reste faible dans l'ensemble. Toutefois, avec eux, la création de foyers importants de parasitisme a plus de chances de se produire qu'avec les parasites occasionnels ; et c'est ce qui a lieu en fait au cours des multiplications excessives de l'hôte. C'est là encore une force aléatoire, mais qui offre du moins un rôle frénateur continu.

S'il est bien établi que dans le complexe biologique « Piéride du Chou-Hyménoptères parasites » les premiers grands rôles sont tenus par les parasites électifs, j'ai pu m'assurer que certains parasites normaux peuvent avoir dans des circonstances particulières une action importante. Tel est le cas dans la banlieue lyonnaise du *Dibrachys boucheanus* Ratz. et de l'*Hemiteles fulvipes* Grav., qui jouent un rôle nuisible en s'attaquant aux *Apanteles* parasites de la Piéride ; ce cas relève de plusieurs causes conjuguées, la très grande fécondité de ces espèces, leurs pontes rapprochées, et surtout les conditions topographiques régionales favorisant le groupement des amas de cocons de l'*Apanteles*. L'action néfaste de ces deux parasites ne le cédait en rien à celle du *T. rapo* pendant nos quatre années d'observations. Mais dans d'autres conditions de milieu, leur parasitisme retombe fatalement à un taux plus modeste.

Il ressort de cette étude que, pour apprécier le rôle des éléments d'un complexe biologique, il est nécessaire de réunir une documentation com-

plète sur la biologie des espèces qui le composent, d'en faire une étude comparative et d'étudier ses rapports avec le milieu. La répétition des observations dans l'espace et dans le temps permettra de tirer des conclusions générales d'une grande valeur. L'étude des « séquences » formées par des associations de parasites d'un même insecte a été avec raison poursuivie dans le but pratique de limiter les pullulations d'Insectes phytophages accidentellement importés; on s'est trop attaché toutefois à introduire sur les foyers toutes les espèces qui jouent un rôle suffisamment actif dans le pays d'origine, en se contentant d'écarter tous les parasites au second degré. Cette façon de faire est empirique; elle peut entraîner des échecs coûteux ou tout au moins ne pas aboutir à la meilleure condition d'équilibre qu'il soit possible de réaliser. L'étude des complexes biologiques doit permettre d'obtenir un optimum. Au lieu de partir à l'aventure, il est plus rationnel d'essayer l'utilisation des forces les plus sûres, celles qui dans les conditions normales sont le contrepoids essentiel de la force accidentellement déchaînée. Les parasites électifs représentent cette puissance; naturellement tous les parasites au second degré, en particulier ceux qui sont électifs, seront écartés au cours de ces importations.

L'étude des complexes biologiques formés par les grands ravageurs de l'Agriculture et leurs ennemis naturels mériterait d'être faite ou complétée. Elle permettrait seule de dégager les facteurs importants dans la limitation des espèces. Elle ferait connaître en particulier les ennemis électifs, parasites ou prédateurs, et montrerait les lacunes des faunes de certaines régions. La stabilisation du taux de pullulation de beaucoup d'espèces ou tout au moins une réduction des amplitudes des oscillations pourrait être obtenue par des importations heureuses de ces ennemis naturels, qui n'ont pas suivi l'aire de dispersion de leur hôte préféré pour des raisons inconnues.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence du thorium X sur la fermentation ammoniacale.* Note [1] de M. **Alfred Maubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Reprenant un travail de MM. Aversenq, Jaloustre et Maurin [2], nous nous sommes proposé de déterminer dans quelles proportions le thorium X

(1) Séance du 3 mai 1926.

(2) Aversenq, Jaloustre et Maurin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 195.

active, retarde ou paralyse le processus de la fermentation ammoniacale de l'urine, sous l'influence du *Micrococcus ureæ*.

Nous avons d'abord établi que le thorium X n'exerce aucune action hydrolysante sur l'urée pure en solution aqueuse, et sur l'urée urinaire dans les conditions de nos expériences. Puis nous avons fait agir le thorium X en présence de témoins convenablement choisis, à des doses variant de $0^{\gamma},1$ et 200^{γ}, sur des solutions aqueuses et stériles d'urée pure à 5 pour 100, à volumes égaux placés à l'étuve à 37°.

Parallèlement nous avons disposé des expériences semblables avec de l'urine stérilisée à l'autoclave et additionnée de la même quantité de thorium X. Nous avons dosé l'ammoniaque formée dans chaque tube après 24 heures, 48 heures et 8 jours.

Les résultats négatifs nous ont montré que dans les conditions de nos essais le thorium X n'exerçait aucune action hydrolysante sur l'urée. De plus, ainsi que nous le faisions remarquer dans une Note précédente relative à l'influence du thorium X sur la catalase du foie (1), les préparations de thorium X que nous avons utilisées étaient pures au point de vue radio-actif, mais contenaient une quantité de bromure de baryum de l'ordre de 1^{γ} par microgramme d'activité de thorium X employé. Nous avons donc préalablement expérimenté l'action du bromure de baryum sur la fermentation ammoniacale de l'urine, à des doses variant entre $0^{\gamma},1$ et 200^{γ}.

Les résultats entièrement négatifs nous ont montré que le bromure de baryum dans les conditions de nos expériences n'influence aucunement la fermentation ammoniacale de l'urine provoquée par le *Micrococcus ureæ*.

Nous avons alors fait agir le thorium X aux doses indiquées ci-dessus sur de l'urine stérilisée, et ensemencée avec une émulsion de culture pure de *Micrococcus ureæ* (2).

Les mélanges ont été additionnés d'une quantité suffisante d'eau distillée afin d'uniformiser exactement les volumes des tubes, qui ont été placés suivant le cas à l'étuve à 37°, ou laissés à la température du laboratoire (15° à 20°).

---

(1) MAUBERT, JALOUSTRE et LEMAY, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1502.

(2) Nous avons préparé les cultures pures de *Micrococcus ureæ* par la technique indiquée par GABRIEL BERTRAND et P. THOMAS dans leurs *Manipulations de Chimie biologique*, Chap. XX, p. 386.

Nous avons effectué les dosages d'ammoniaque par la technique au formol de Ronchèse [1] à des temps variant entre 24 heures et 8 jours.

Les tableaux suivants présentent les résultats moyens de neuf séries d'expériences.

Expérience I.

	Témoin.	Expérience.
Urine stérilisée à 2g,2 d'urée pour 100 en centimètres cubes.....	10	10
Émulsion de *Micrococcus ureæ* en centimètres cubes...........	0,1	0,1
Thorium X en microgrammes................................	0	103,5
Concentration en thorium X en microgrammes par centim. cube.	0	6,7
Volume total du mélange en centimètres cubes..................	15	15
Ammoniaque formée pour 100$^{cm^3}$ du mélange après 24 heures de séjour à 37° C. en milligrammes............................	73	109

Expérience II.

	Témoin.	Expérience.
Urine stérilisée à 2g,7 d'urée pour 100 en centimètres cubes	50	50
Émulsion de *Micrococcus ureæ* en centimètres cubes...........	0,1	0,1
Thorium X en microgrammes................................	0	138
Concentration en thorium X en microgrammes par centim. cube.	0	2,5
Volume total du mélange en centimètres cubes..................	55	55
Ammoniaque formée pour 100$^{cm^3}$ du mélange après 24 heures de séjour à 37° C. en milligrammes............................	15,8	24,7

Expérience III.

	Témoin.	Tubes expériences.				
Urine stérilisée à 2g,9 durée p. 100 en centimètres cubes...........	10	10	10	10	10	10
Émulsion de *Micrococcus ureæ* en centimètres cubes..............	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Thorium X en microgrammes.....	0	2	10	20	40	100
Concentration en thorium X en microgr. par centimètre cube....	0	0,1	0,5	1	2	5
Volume total du mélange en centimètres cubes..................	20	20	20	20	20	20
Ammoniaque formée en grammes pour 100$^{cm^3}$ du mélange après 8 jours à la température du laboratoire (15°-20° C.)............	1,46	1,46	1,80	1,99	1,82	1,82

(1) En réalité par cette méthode on dose les acides aminés en même temps que l'ammoniaque, D. Ronchèse, *Thèse de Doctorat de l'Université de Paris* (Pharmacie), 1908.

Conclusions. — Le processus de la fermentation ammoniacale de l'urine par le *Micrococcus ureæ* est activé par le thorium X à des concentrations en thorium X pouvant atteindre $6^{\gamma},7$ par centimètre cube de milieu fermentaire (dose maxima expérimentée, expériences I et II). Si l'on compare l'influence des concentrations en thorium comprises entre $0^{\gamma},1$ et 5^{γ} par centimètre cube (expérience III), on constate que les concentrations inférieures à $0^{\gamma},1$ n'ont aucune action, et qu'une activation se produit à partir de $0^{\gamma},5$ jusqu'à 1^{γ}. A partir de cette dernière concentration on observe une décroissance marquée du taux de l'ammoniaque formée, qui reste stationnaire jusqu'à la concentration de 5^{γ} de thorium X par centimètre cube (dose maxima expérimentée).

MICROBIOLOGIE. — *Modifications subies par des streptocoques d'origine non scarlatineuse au contact de produits scarlatineux filtrés.* Note de MM. **J. Cantacuzène** et **O. Bonciu**, présentée par M. Roux.

On sait que la plupart des streptocoques isolés de la gorge et du sang des malades atteints de scarlatine présentent, entre autres caractères, celui d'être agglutinés énergiquement par le sérum des convalescents de cette maladie; cette agglutinabilité se conserve à travers les générations successives sur gélose. C'est là semble-t-il une propriété spécifique des streptocoques scarlatineux; ceux d'autres provenances ne la présentent pas et leur agglutinabilité par le sérum des convalescents est nulle ou très faible.

Nous nous sommes demandé si un streptocoque d'origine non scarlatineuse pouvait être modifié dans son agglutinabilité au contact de produits scarlatineux (exsudat amygdalien, urine) débarrassés par filtration de tous germes visibles ou cultivables. Dans ce but nous nous sommes adressé à deux streptocoques l'un isolé d'un cas de septicémie puerpérale (n° 87 de notre collection), l'autre du type viridans (n° 1080 de la collection); ni l'un ni l'autre n'étaient agglutinés par le sérum des convalescents [1].

---

[1] Le n° 87 était agglutiné à $\frac{1}{40}$ et le 1080 à $\frac{1}{10}$.

Nous préparons comme suit l'émulsion streptococcique destinée à l'agglutination : la culture de 24 heures sur bouillon phosphaté est centrifugée, lavée deux fois à la solution physiologique et émulsionnée dans un volume d'eau physiologique ou de bouillon égal à celui du liquide décanté. On laisse reposer l'émulsion 24 heures à la température du laboratoire et l'on ne prélève pour l'agglutination que la portion supérieure.

Au moyen d'un tampon d'ouate, nous essuyons à plusieurs reprises la gorge d'un scarlatineux en pleine éruption, et nous émulsionnons dans un peu de bouillon ($5\text{-}7^{cm^3}$) l'exsudat pharyngien ainsi recueilli; aprés 2 ou 3 heures de contact à la température du laboratoire, cette émulsion, additionnée (sur le filtre même) d'un volume égal de bouillon de culture, est filtrée sur bougie L^3. Après contrôle de 48 heures à l'étuve, le filtrat est ensemencé avec l'un des deux streptocoques cités plus haut et remis à l'étuve. Au bout de 24 heures la culture est examinée au point de vue de son agglutinabilité par le sérum des convalescents. L'on constate que ce streptocoque a acquis une agglutinabilité par ce sérum variant entre $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{1000}$. Cette agglutinabilité augmente si l'on fait un deuxième, puis un troisième passage par des filtrats frais d'exsudat scarlatineux ; elle est spécifique car elle ne se manifeste qu'au contact du sérum des convalescents de scarlatine (le sérum normal est sans effet); enfin elle est définitivement acquise, car la propriété nouvelle se maintient héréditairement (avec de légères oscillations temporaires) au cours des passages successifs par gélose.

Si, avant de filtrer l'émulsion d'exsudat, on la laisse séjourner 24 heures à l'étuve (développement abondant de streptocoques), et que l'on ensemence ce filtrat avec l'un de nos streptocoques non scarlatineux, on constate que l'agglutinabilité acquise par ce dernier dépasse encore celle que nous avons signalée plus haut et varie entre $\frac{1}{1000}$ et $\frac{1}{1800}$.

Notons ici que nous avons essayé d'obtenir le même résultat en ensemençant nos streptocoques non scarlatineux dans des cultures filtrées de streptocoques de la scarlatine (souches diverses, toutes agglutinables par le sérum des convalescents), ou bien en les cultivant au contact de streptocoques scarlatineux tués par la chaleur à $58°$: dans ces conditions, nous n'avons pas vu apparaître la propriété nouvelle.

Jamais jusqu'ici, au cours de nos expériences, nous n'avons éprouvé d'échec; l'exsudat pharyngien de tous les scarlatineux observés nous a conféré, après filtration, l'agglutinabilité spécifique à nos streptocoques non scarlatineux. Dans le seul résultat négatif que nous ayons enregistré, il y avait eu erreur de diagnostic : il ne s'agissait pas de scarlatine, mais d'un rash d'une toute autre origine.

Seul l'exsudat des scarlatineux possède ce pouvoir modificateur qui s'atténue d'ailleurs rapidement au cours de la convalescence; il n'existe pas chez l'individu normal.

L'urine des scarlatineux recueillie en pleine période fébrile et filtrée sur L^3, possède des propriétés analogues : mélangée au bouillon de culture

elle confère, après 24 heures d'étuve aux streptocoques non agglutinables cités plus haut, l'agglutinabilité spécifique transmissible héréditairement. L'urine normale ne possède aucune action semblable.

Si avant de filtrer l'émulsion pharyngienne on la laisse séjourner 24 heures à la glacière, on constate que le filtrat a perdu toute action modificatrice; les streptocoques que l'on y ensemence n'acquièrent à ce contact aucune agglutinabilité anormale.

Tout se passe par conséquent comme si le streptocoque banal introduit dans un filtrat d'urine ou d'exsudat pharyngien prélevés chez un scarlatineux y rencontrait quelque élément spécifique et adsorbable capable de lui conférer, après adsorption, une agglutinabilité spécifique et héréditairement persistante. Ce facteur inconnu serait sensible à l'action prolongée du froid (2° à 3°) qui semble le rendre inactif.

A $15^h 45^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et demie.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 26 avril 1926.)

Note de M. *Raymond-Hamet*, Sur une nouvelle méthode de titration physiologique des préparations ergotées :

Page 1048, lignes 3 à 5, *lire* Un chien anesthésié par le chloralosane (chloralose pur) ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle est préparé pour permettre l'enregistrement...; ligne 14, *lire* courbe plétysmographique normale de l'adrénaline.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MARS 1926 (*suite*).

Note sur les longueurs d'onde d'un spectre de raies, par LUCIEN DEMOZAY. Paris, Vuibert, 1926; 1 fasc. 23^{cm}.

Lamarck et son œuvre in *Bulletin de Mayenne-Sciences*, par AD. DAVY DE VIRVILLE. Laval, Goupil, 1926; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Molliard.)

Petite industrie chimique (industrie des métalloïdes), par L. HACKSPILL et P. REMY GENNETÉ. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Matignon.)

Henri Poincaré, par PAUL APPELL. Paris, Plon, 1925; vol. 19^{cm},5.

L'électron en chimie; cinq conférences faites à l'Institut Franklin de Philadelphie, par J.-J. THOMSON. (Traduites par R. Fric.) Paris, Albert Blanchard, 1926; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Cotton.)

Traité de mécanique rationnelle, par PAUL APPELL. Tome V : *Éléments de calcul tensoriel; applications géométriques et mécaniques*, avec la collaboration de RENÉ THIRY. Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, 1926; 1 vol. 25^{cm},5.

Union internationale de la chimie pure et appliquée. Troisième rapport de la Commission internationale des éléments chimiques. Table internationale des isotopes. Paris, Commission internationale des éléments chimiques, 1926; 1 fasc. 27^{cm}.

Mémorial des Sciences mathématiques. Fasc. VII : *Séries analytiques. Sommabilité.* par A. BUHL. Fasc. X : *Fonctions de Lamé et fonctions de Mathieu*, par PIERRE HUMBERT. (Présenté par M. Paul Appell.) Fasc. XI : *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet*, par GEORGES BOULIGAND (Présenté par M. Goursat.) Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, 1926; 3 fasc., 25^{cm},5.

Les mollusques marins du Finistère et en particulier de la région de Roscoff, par PH. DAUTZENBERG et P.-H. FISCHER, formant le fascicule 3 des Travaux de la Station biologique de Roscoff. Paris, Presses universitaires de France; 1 vol. 26^{cm}. (Présenté par M. Mesnil.)

Catalogue d'étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris. Toulouse, Édouard Privat, 1926; 1 vol. 31^{cm},5. (Présenté par M. Baillaud.)

Sur les procédés de simplification du calcul dérivés de la Mécanique et de la Géométrie, par MAURICE D'OCAGNE. Rome, École typographique Pie X, 1925; 1 fasc. 29^{cm},5.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MAI 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 25 mai au lieu du lundi 24.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Tanakadate**, Membre de l'Académie des Sciences du Japon, et à M. **Odon de Buen**, Professeur à l'Université de Madrid, qui assistent à la séance.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les conditions initiales du régime troublé des courants.* Note de M. **André Blondel**.

Comme je l'ai énoncé dans une Note précédente (1), les valeurs initiales que peuvent prendre, en régime troublé, la fonction cherchée x et ses dérivées dépendent de la différence entre les degrés du numérateur et du dénominateur de l'opérateur $\frac{f(\mathbb{D})}{\varphi(\mathbb{D})}$. On va, dans le cas où les fonctions f et φ sont des fonctions entières, en donner une démonstration directe d'après la formule même du développement, au lieu de considérer l'intégrale dans un contour (2).

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1109.

(2) Je prie le lecteur de vouloir bien remplacer par cet exposé le dernier paragraphe de ma dernière Note, qui lui a été substitué par suite d'une confusion de feuillets d'un manuscrit anciennement rédigé. Il est bien évident que l'intégrale au temps $t = 0$ ne pourrait être nulle que si le contour ne contenait ni a ni aucun pôle de φ, et qu'alors il ne serait plus le même que celui utilisé pour le développement au temps $t \neq 0$.

Supposons donc que le degré de φ soit supérieur de p unités à celui de f et considérons le second membre de la formule de développement (4) de la page 1110 et ses $(p-1)$ premières dérivées par rapport au temps; on a ainsi les expressions

$$(1)\qquad x=\frac{f(\mathbb{D})}{\varphi(\mathbb{D})}\varepsilon^{at}=\frac{f(a)}{\varphi(a)}\varepsilon^{at}+\sum\frac{f(\delta)\,\varepsilon^{\delta t}}{(\delta-a)\,\varphi'(\delta)},$$

$$(2)\qquad \frac{dx}{dt}=a\,\frac{f(a)\,\varepsilon^{at}}{\varphi(a)}+\sum\frac{\delta f(\delta)\,\varepsilon^{\delta t}}{(\delta-a)\,\varphi'(\delta)},$$

$$(3)\qquad \frac{d^{p-1}x}{dt^{p}}=a^{p-1}\,\frac{f(a)\,\varepsilon^{at}}{\varphi(a)}+\sum\frac{\delta^{p-1}f(\delta)\,\varepsilon^{\delta t}}{(\delta-a)\,\varphi'(\delta)}.$$

Au temps $t=0$, les exponentielles disparaissent, étant remplacées par l'unité; on a par exemple

$$(4)\qquad \left[\frac{d^{p-1}x}{dt^{p-1}}\right]_0=a^{p-1}\,\frac{f(a)}{\varphi(a)}-\sum\frac{\delta^{p-1}f(\delta)}{(a-\delta)\,\varphi'(\delta)}.$$

Or le degré de $\delta^{p-1}f(\delta)$ étant inférieur à celui de $\varphi(\delta)$, on peut, d'après la formule connue de la décomposition de $\frac{x^{p-1}(f)}{\varphi(x)}$ en fractions simples [1], écrire l'égalité

$$(5)\qquad \sum\frac{\delta^{p-1}f(\delta)}{(a-\delta)\,\varphi'(\delta)}=\frac{a^{p-1}f(a)}{\varphi(a)}.$$

En substituant cette valeur dans (4), on voit que x et ses $p-1$ premières dérivées sont nulles, mais non la $p^{\text{ième}}$ dérivée.

L'intégrale toute faite (1), dont l'avantage théorique est de n'exiger aucun calcul des constantes d'intégration, a donc l'inconvénient corrélatif de n'être utilisable que dans des cas limités [2].

Une fois qu'on a pu vérifier, par la méthode qui précède, sur le développement (1) que l'on se trouve bien dans un de ces cas, on sera en général conduit, dans les applications, à calculer d'abord la fonction auxiliaire y

$$(6)\qquad y=\frac{\varepsilon^{at}}{\varphi(\mathbb{D})}=\frac{\varepsilon^{at}}{\varphi(a)}+\sum\frac{\varepsilon^{\delta t}}{(\delta-a)\,\varphi'(\delta)},$$

qui est nulle au temps $t=0$, ainsi que ses $q-1$ premières dérivées, si elle est de degré q. L'opérateur $\varphi(\mathbb{D})$ est, en principe, le déterminant du sys-

---

(1) On suppose, pour simplifier, que les racines sont simples; le résultat se laisse étendre assez facilement au cas très exceptionnel de racines multiples.

(2) C'est la même différence qu'entre un vêtement tout fait et un vêtement sur mesure.

tème d'équations différentielles en $\mathfrak{D}$ du problème et il est donc commun à toutes les variables cherchées. Ces dernières se déduisent ensuite simplement de y en lui appliquant successivement les différents opérateurs $\varphi(\mathfrak{D})$, $\chi(\mathfrak{D})$, etc., relatifs respectivement à chacune d'elles; chaque opération se traduit simplement par la formation d'un polynome dont les termes sont les produits des dérivées de y par rapport à t par des constantes.

Malgré les simplifications d'écriture [1], résultant de l'emploi de la notation symbolique et l'élégance de la formule (1) qui peut faire illusion, il ne faut pas croire que cette méthode permette d'étendre, par rapport aux autres méthodes d'intégration, le champ de résolution des problèmes représentés par des systèmes d'équations différentielles linéaires; car, dès que le degré de $\varphi(\mathfrak{D})$ en $\mathfrak{D}$ dépasse la troisième, le développement *effectif* de (6), c'est-à-dire la formule qu'on obtient en *explicitant les valeurs* des racines de $\varphi(\mathfrak{D})$, devient trop compliqué, dans le cas général, pour qu'on puisse l'utiliser (sauf pour le cas $a = 0$, qui est le moins intéressant). Et il est plus facile de discuter les hypothèses simplificatrices possibles, dans les méthodes classiques d'intégration, d'ailleurs plus générales. En résumé, la méthode du développement promet plus qu'elle ne tient, pour l'électricien qui doit chercher dans une formule de calcul autre chose qu'une forme mathématique élégante.

THERMOCHIMIE. — *Thermochimie de quelques alcoolates et sels thalleux.* Note [2] de M. **R. de Forcrand**.

J'ai fait voir [3] que le thallium et le sodium se comportent de façon très différente avec les dissolutions étendues d'un grand nombre d'alcools et d'acides, et que l'écart en faveur du sodium est à peu près constant et voisin de $+58^{Cal},81$ pour la réaction :

$$\text{MH dissous} + \text{Tl (ou Na)} = \text{MTl dissous (ou MNa dissous)} + \text{H}.$$

Il est aujourd'hui possible de rapporter tous ces nombres à l'état solide ou liquide de MH et à l'état solide du composé, en utilisant les chaleurs de

(1) La notation d'Euler pour la résolution des systèmes d'équations différentielles linéaires donne d'ailleurs sensiblement les mêmes simplifications d'écriture sans exiger ni convention nouvelle, ni vérification délicate de la légitimité des résultats obtenus.

(2) Séance du 10 mai 1925.

(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 609.

fusion de l'éthanol et du méthanol et quelques autres données que j'ai dû déterminer, savoir :

a. Chaleur de dissolution de l'alcool solide ou de l'acide solide;
b. Chaleur de dissolution du dérivé thalleux solide;
c. Chaleur de neutralisation en liqueurs aqueuses étendues;
d. Chaleur de fusion de l'alcool ou de l'acide;
e. Chaleur de dissolution du dérivé thalleux solide dans $\frac{SO^4H^2}{2}$ dissous;
f. Action de l'acide ou alcool dissous sur le sulfate neutre dissous.

Ces valeurs auxiliaires sont :

	a.	*b*.	*c*.	*d*.	*e*.	*f*.
Eau	″	−3,15	″	1,43		
Triméthylcarbinol	+3,23	0	+0,397	1,569		
Cyclohexanol	+2,32	−2,0	+0,305	0,44		
Ethanol	+2,54	−0,526	+1,216	1,12		
Méthanol	+1,70	″	″	0,642	+11,594	+0,608
Glycol	+1,65	″	″	2,667	+11,887	+0,608
Glycérine	+1,45	″	″	3,86	+11,744	+0,608
Phénol	−2,76	″	″	2,34	+2,793	+0,608
Acide acétique	+0,24	″	″	2,75	+0,048	+0,811
$\frac{SO^4H^2}{2}$	+8,52	+3,83				

On obtient alors le tableau suivant :

MH sol. ou liq. + Tl sol. (ou Na sol.) = MTl sol. (ou MNa sol.) + H :

	Avec Tl.		Avec Na.	
	MH liq.	MH sol.	MH liq.	MH sol.
Eau	−11,498	−12,928	+34,32	+32,89
Triméthylcarbinol	−9,458	−11,027	+30,57	+29,00
Cyclohexanol	−9,589	−10,029	+31,83	+31,39
Ethanol (¹)	−10,372	−11,492	+33,23	+32,11
Méthanol (¹)	−8,306	−8,948	+34,25	+33,61
Glycol	−8,649	−11,316	+40,08	+37,42
Glycérine	−8,706	−12,570	+45,00	+41,14
Phénol	−1,465	−3,805	+40,12	+37,78
Acide acétique	+1,983	−0,767	+53,70	+51,17
$\frac{SO^4H^2}{2}$	+13,760	+13,330	+68,52	+68,09

(¹) J'ai pris pour chaleur de fusion de l'éthanol et du méthanol la moyenne des valeurs trouvées, soit $1^{Cal},12$ et $0^{Cal},642$.

Bien que les différences soient ici moins constantes que dans le tableau relatif aux alcools et acides dissous publié dans ma dernière Note, elles sont cependant très marquées et toujours dans le même sens, indiquant que l'alcool ou acide ne peut réagir sur le thallium qu'à partir des acides minéraux (liquides ou solides).

Il y a lieu d'ailleurs de remarquer que les huit résultats relatifs au glycol et à la glycérine ne sont pas comparables aux autres parce qu'ils se rapportent à des dérivés thalleux ou sodiques *acides* formés aux dépens de la première acidité, ce qui exagère toujours la valeur thermochimique de la réaction, tandis que tous les autres nombres sont relatifs à des dérivés neutres.

J'ajoute que pour l'éthanolate de thallium les deux nombres —10,372 et —11,492 sont calculés pour l'éthanolate *liquide*, dont la chaleur de fusion n'est pas connue.

On pourrait d'ailleurs évaluer cette donnée en raisonnant de la manière suivante :

En ne considérant que les nombres relatifs au sodium, mon tableau montre que le méthanol est plus acide que l'éthanol (ce qui doit être d'ailleurs puisqu'il est moins hydrogéné). Les différences sont

$$34,25 - 33,23 = 1,02 \quad \text{et} \quad 33,61 - 32,11 = 1,50,$$

soit en moyenne 1,26 avec formation des dérivés solides.

Pour le thallium nous trouvons

$$-8,306 + 10,372 = 2,066 \quad \text{et} \quad -8,948 + 11,492 = 2,544,$$

soit en moyenne 2,305, avec formation d'éthanolate liquide. En admettant que l'écart entre ces deux nombres 1,26 et 2,305 soit dû uniquement à l'état liquide de l'éthanolate thalleux, on aurait 2,305 — 1,26 = 1,045 pour la chaleur de fusion de l'éthanolate thalleux. Cette valeur est tout à fait vraisemblable, étant très voisine de la chaleur de fusion de l'éthanol $1^{Cal},12$. Dès lors les deux nombres — 10,372 et — 11,492, que je trouve pour l'héthanolate thalleux devraient être remplacés par —10,372 + 1,045 = — 9,327 et — 11,492 + 1,045 = — 10,447, ce qui donne une série de valeurs beaucoup plus régulièrement décroissantes.

Les divers résultats obtenus permettent encore de discuter la possibilité de deux réactions signalées par divers auteurs et que je n'ai pu encore réaliser :

$$H - OTl \text{ sol.} + C^2H^5OH \text{ liq.} = C^2H^5OTl \text{ liq.} + H^2O \text{ liq.} + 1^{Cal},132,$$

$$Tl^2O \text{ sol.} + 2C^2H^5OH \text{ liq.} = 2C^2H^5OTl \text{ liq.} + H^2O \text{ liq.} + 5^{Cal},484,$$

$$\text{soit } + 2^{Cal},742 \text{ pour Tl.}$$

Ces deux réactions seraient donc exothermiques, mais les valeurs obtenues sont très faibles. Dans le premier cas surtout, c'est la réaction inverse qui doit se produire en *présence d'un excès d'eau*, grâce à la dissolution de l'alcool dans cet excès d'eau, et, en fait, c'est bien H — OTl que l'on obtient en ajoutant à l'éthanolate thalleux son volume d'eau, soit environ $4H^2O$ pour C^2H^5 — OTl, et c'est le meilleur mode de préparation de H — OTl.

M. **Georges Claude** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de la seconde édition de mon Ouvrage *Air Liquide, Oxygène, Azote* dont M. **d'Arsonval** a bien voulu me faire encore l'amitié d'écrire la préface [1].

Depuis l'apparition lointaine de la première édition, dès longtemps épuisée, mais que mes occupations ne m'avaient pas permis jusqu'ici de réimprimer, nombreux ont été les progrès de cette industrie de l'air liquide sous l'effet du développement maintenant irrésistible de ces deux grandes applications de l'oxygène, la soudure autogène et le coupage des métaux. Cette dernière, spécialement, a par ses exigences, tenu en haleine les techniciens de l'air liquide et leur a permis en ces dernières années, je dirai même en ces derniers mois, d'accomplir des progrès que pour ma part, j'aurais été tenté de juger chimériques. L'industrie du coupage en effet, réclame de l'oxygène d'une très grande pureté. Ce fait semble au premier abord assez surprenant, mais on le comprendra pourtant si l'on considère que dans le coupage des plaques épaisses que l'on effectue maintenant couramment, le jet d'oxygène doit traverser sans affaiblissement notable de sa pureté une très grande épaisseur, souvent 20 ou 30^{cm}, et parfois plus, puisqu'on a été jusqu'à couper des plaques de 60^{cm} d'épaisseur.

Or, puisque l'oxygène se combine rapidement au fer au cours de sa pénétration dans le métal, le seul moyen pour qu'il conserve jusqu'au bout la grande concentration nécessaire, c'est bien évidemment qu'il soit très pur à l'origine. Aussi, les usagers du coupage ont-ils peu à peu bousculé ma satisfaction et celle des techniciens de l'air liquide, qui considéraient il y a quelques années l'oxygène à 97 pour 100 par exemple comme la perfection. Cette résignation satisfaite, au reste, n'était pas sans raison, car ils savaient fort bien, ces techniciens, que les difficultés s'ac-

(1) Dunod, éditeur.

croissent très vite dans la voie où l'on prétendait les pousser. Plus on veut augmenter la pureté de l'oxygène, en effet, plus les imperfections de la rectification, le rôle de l'argon, l'inexactitude des réglages augmentent la proportion d'oxygène qui s'échappe avec l'azote. Il y a quelques années, par exemple, on n'eût pas pu préparer de l'oxygène à 99 pour 100 sans que l'azote emportât avec lui 6 ou 7 pour 100 d'oxygène sur les 21 de l'air traité, soit environ $\frac{1}{4}$ de l'oxygène perdu. Or, sous l'aiguillon du besoin, on a approfondi les choses, amélioré les détails, car les principes essentiels sont demeurés les mêmes. On a en particulier (et ç'a été l'initiative très remarquable de M. Kuhni) constaté que le plus gros défaut des appareils était l'imperfection des contacts entre liquide et gaz. M. Kuhni a donc amélioré ces contacts en réalisant des plateaux de rectification d'une conception toute nouvelle et telle que les gaz sont réduits à l'état de bulles infiniment fines, et c'est ainsi qu'on est tout dernièrement arrivé à ce résultat surprenant que non seulement les teneurs d'oxygène de 99 pour 100 sont aisément obtenues, mais que l'azote emporte dans ces conditions moins d'oxygène que dans les anciens appareils.

Aux dernières nouvelles, car si rapides ont été ces progrès que mon Livre n'est lui-même déjà plus « à la page », on peut arriver ainsi à séparer intégralement l'air traité en oxygène à 99 pour 100 et azote à 99 pour 100. On peut donc dire cette fois sans crainte de beaucoup se tromper, qu'on va atteindre la perfection, et ceci sera sans doute le signal, non seulement de nouveaux développements de ces industries du soudage et du coupage, mais de l'entrée en scène prochaine des applications bien plus grandioses encore que l'on peut espérer.

Déjà, j'ai dû m'occuper dans mon Livre de deux questions qui n'avaient été, et pour cause, qu'effleurées dans la première édition. L'une est celle des *explosifs à oxygène liquide*, qui sont en train de prendre un développement que l'État voudra peut-être ne pas entraver par des impôts supérieurs à l'économie réalisée. La seconde question est celle des applications de l'oxygène à la *médecine*, non pas de l'oxygène au compte-gouttes comme on l'a fait jusqu'ici, mais en grande masse, qui constitue dans un grand nombre de cas un remède merveilleux, et qu'on se décidera bien un jour à apprécier à sa valeur.

On sait d'autre part quelle impulsion a déjà été donnée aux applications de l'azote, en particulier par le développement de l'industrie de la cyanamide et celle de la synthèse de l'ammoniaque, et c'est un point que j'ai dû considérer.

Enfin, ce n'est pas un Chapitre nouveau, c'est un titre nouveau [1] que j'ai dû donner au livre lui-même en raison d'une des questions les plus passionnantes qui se réfèrent à la liquéfaction de l'air, celle des *gaz rares*, dont les applications sont dès maintenant si intéressantes et acquerront sûrement un jour la plus grande importance.

NOMINATIONS.

MM. **Émile Picard**, **Charles Lallemand** et **Léon Guillet** sont désignés pour représenter l'Académie au Congrès international de *Génie civil et de Mécanique* qu'organise à Bruxelles, pour les 23, 24, 25 et 26 juin prochains, à l'occasion du cinquantenaire de sa fondation, l'*Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales annexées à l'Université de Gand*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **M. Brillouin**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **E. Roux**, **L. Joubin** pour la Division des Sciences physiques; MM. **P. Sabatier**, **Ch. Depéret**, Membres non résidants, sont élus membres de la Commission qui présentera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *W. Kilian*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Observatoire de Bordeaux. *Catalogue photographique du Ciel. Coordonnées rectilignes*. Tome V : *Zone* + 12° *à* + 14°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

---

[1] *Air liquide*, *Oxygène*, *Azote*, *Gaz rares*.

2° Institut international de Chimie Solvay. *Deuxième Conseil de Chimie tenu à Bruxelles du* 16 *au* 24 *avril* 1925. *Structure et activité chimiques. Rapports et discussions.*

3° Bernhard Heines. *Versuche Küber nochenregeneration. Sein Leben und seine Zeit,* par K. Vogeler, E. Redeng, H. Walter, B. Martin et A. Bier.

ALGÈBRE. — *Quelques théorèmes d'algèbre.* Note de M. **M. Biernacki**, présentée par M. Hadamard.

On peut établir la proposition suivante :

Théorème I. — $P(x)$ *étant un polynome de degré p dont tous les zéros sont contenus dans un cercle de rayon* P, $Q(x)$ *un polynome de degré q* $(q > p)$ *dont tous les zéros sont contenus dans un cercle concentrique au précédent et de rayon* Q, *chaque polynome de la forme* $P(x) + aQ(x)$ *a au moins p zéros dans le cercle concentrique aux précédents et de rayon égal au plus grand des nombres* Q *et* $\frac{pQ + qP}{q - p}$.

La limite n'est atteinte (1), *si* $\frac{pQ + qP}{q - p} > Q$, *que par le polynome*

$$(x + P)^p + (-1)^{p+q+1} \frac{p^p}{q^q} \left(\frac{q - p}{Q + P}\right)^{q-p} (x - Q)^q.$$

A l'aide de cette proposition, on obtient facilement le résultat suivant :

Théorème II. — *Un polynome de degré n qui prend exactement p fois une valeur b en un point a et qui ne reprend pas cette valeur b en aucun autre point du cercle* $|x - a| < R$ *est nécessairement p-valent* (2) *dans un cercle concentrique de rayon supérieur à* $\frac{p}{n}R$. *Il n'y a d'exception* (1) *que pour le polynome* $x^p(x + 1)^{n-p}$ *qui est bien p-valent dans le cercle* $|x| < \frac{p}{n}$, *mais qui prend la*

---

(1) Afin de simplifier l'écriture, je suppose dans les exemples qu'il s'agit des cercles de centre origine; du cercle $|x| < 1$, si c'est possible. Je fais aussi abstraction des polynomes qui se déduisent de ceux du texte par des rotations autour de l'origine ou des additions et des multiplications par des constantes.

(2) Suivant la terminologie de M. Montel. Ceci signifie que toute valeur est prise au plus p fois dans le cercle considéré et qu'il existe des valeurs prises effectivement p fois.

valeur $(-1)^p \frac{p^p(n-p)^{n-p}}{n^n}(p+1)$ *fois dans tout cercle de centre origine et de rayon supérieur à* $\frac{p}{n}$.

La limite du théorème I peut s'abaisser considérablement dans des cas particuliers. En voici un exemple :

Théorème III. — $P(x)$ *étant un polynome de degré* n, *dont tous les zéros sont contenus dans un cercle de rayon* R, *tous les zéros d'un polynome de la forme* $P(x)+aP'(x)$, *à l'exception d'un seul au plus, sont contenus dans le cercle concentrique au précédent et de rayon*

$$R\sqrt{2}, \qquad \text{si } n \text{ est pair;}$$

$$R\sqrt{2}\left[\frac{\sqrt{n-1}+\sqrt{n+1}}{2\sqrt{n}}\right] \ (^1) \qquad \text{si } n \text{ est impair.}$$

La limite n'est atteinte (²) *que dans les cas suivants :*

$$P(x)=(x^2-\sqrt{2}x+1)^{\frac{n}{2}}, \qquad a=-\frac{\sqrt{2}}{n}, \qquad \text{si } n \text{ est pair;}$$

$$P(x)=\left(x-\frac{\sqrt{n+1}\pm i\sqrt{n-1}}{\sqrt{2n}}\right)^{\frac{n-1}{2}}\left(x-\frac{\sqrt{n-1}\mp i\sqrt{n+1}}{\sqrt{2n}}\right)^{\frac{n+1}{2}};$$

$$a=-\frac{(\sqrt{n+1}+\sqrt{n-1})\mp i(\sqrt{n+1}-\sqrt{n-1})}{n\sqrt{2n}}, \qquad \text{si } n \text{ est impair.}$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la quadrature des surfaces.* Note (³) de M. Leonida Tonelli, présentée par M. J. Hadamard.

Je vais exposer ici quelques résultats que je viens d'obtenir sur les quadratures des surfaces.

On a proposé plusieurs définitions pour l'aire d'une surface. La plus générale et la plus satisfaisante, à divers points de vue, est la définition donnée par M. Lebesgue dans sa Thèse : L'aire d'une surface S est la plus petite limite des aires des surfaces polyédrales dont S est la limite. J'ai

---

(¹) On peut remarquer que le coefficient de R est plus petit que $\sqrt{2}$ et qu'il croît régulièrement avec n en tendant vers $\sqrt{2}$ pour n infini.

(²) Cf. la note (¹) de la page précédente.

(³) Séance du 10 mai 1926.

déjà montré (¹) que cette définition peut être fort bien utilisée pour établir, de la façon la plus générale, la propriété minimante classique de la sphère. Je vais faire voir, à présent, que cette même définition conduit d'une façon tout à fait satisfaisante à une théorie des surfaces *quarrables* — c'est-à-dire des surfaces dont l'aire est finie — qui correspond parfaitement à la théorie bien connue des courbes rectifiables.

Je me bornerai ici aux surfaces

$$z = f(x, y), \tag{1}$$

où $f(x, y)$ est une fonction continue donnée dans le carré

$$Q \equiv [0 \leqq x \leqq 1,\ 0 \leqq y \leqq 1].$$

Il est nécessaire de poser quelques définitions.

Je dirai que la fonction $f(x, y)$ est *à variation bornée* dans Q si : 1° pour presque toutes les valeurs de $\overline{x}$ et de $\overline{y}$ dans $(0, 1)$, $f(\overline{x}, y)$ et $f(x, \overline{y})$ sont des fonctions de y et de x, respectivement, à variation bornée dans $(0, 1)$; 2° les variations totales de $f(\overline{x}, y)$ et $f(x, \overline{y})$, dans $(0, 1)$, sont des fonctions intégrables (au sens de M. Lebesgue), de $\overline{x}$ et $\overline{y}$, dans $(0, 1)$. Je dirai que la fonction $f(x, y)$ est *absolument continue* dans Q si : 1° pour presque toutes les valeurs de $\overline{x}$ et de $\overline{y}$ dans $0, 1)$, $f(\overline{x}, y)$ et $f(x, \overline{y})$ sont respectivement des fonctions de y et x absolument continues dans $(0, 1)$; 2° les variations totales de $f(\overline{x}, y)$ et $f(x, \overline{y})$, dans $(0, 1)$, sont des fonctions intégrables de $\overline{x}$ et $\overline{y}$ dans $(0, 1)$.

Je m'écarte ainsi des définitions habituelles de fonction $f(x, y)$ à *variation bornée* et de fonction *absolument continue*. J'appellerai *fonctions à variation double bornée* et *fonctions doublement absolument continues* les fonctions à variation bornée et absolument continues suivant les définitions de MM. Vitali, Lebesgue, de la Vallée Poussin (²).

On peut remarquer que si la fonction continue $f(x, y)$ est, dans Q, à variation bornée ou absolument continue, elle reste à variation bornée ou absolument continue, respectivement, pour toute transformation correspondant à un changement de direction des axes x et y.

(¹) *Rend. Circ. Matem. di Palermo*, 39, 1915, p. 109.

(²) Toute fonction $f(x, y)$, à variation double bornée dans Q, est égale à une fonction à variation bornée plus une fonction de la forme $\varphi(x) + \psi(y)$. De même pour les fonctions doublement absolument continues.

Ces définitions étant posées, on a les propositions suivantes.

I. La condition nécessaire et suffisante pour que la surface (1) soit quarrable est que les longueurs des courbes intersections de (1) avec les plans $x=\overline{x}$ et $y=\overline{y}$ soient finies, pour presque toutes les valeurs de $\overline{x}$ et de $\overline{y}$ dans (0,1), et intégrables dans cet intervalle.

II. *La condition nécessaire et suffisante pour que la surface* (1) *soit quarrable est que la fonction $f(x, y)$ soit à variation bornée dans* Q.

III. Si la fonction $f(x, y)$ est à variation bornée dans Q, ses dérivées partielles du premier ordre, $p(x, y)$ et $q(x, y)$, existent finies presque partout dans Q. En outre, ces dérivées sont intégrables dans Q.

IV. Si la surface (1) est quarrable, l'intégrale

$$\iint_{Q} \sqrt{1+p^2+q^2}\, dx\, dy$$

existe finie, résultat communiqué tout récemment par M. Lampariello à l'*Accademia dei Lincei*.

V. *Si la surface* (1) *est quarrable, l'aire* S *de la surface satisfait toujours à l'inégalité*

$$S \geqq \iint_{Q} \sqrt{1+p^2+q^2}\, dx\, dy.$$

VI. *La condition nécessaire et suffisante pour que l'aire* S *de la surface* (1), *supposée quarrable, soit donnée par la formule*

$$S = \iint_{Q} \sqrt{1+p^2+q^2}\, dx\, dy \tag{2}$$

est que la fonction $f(x, y)$ soit absolument continue dans Q.

VII. Si les nombres dérivés, par rapport à x et y, de $f(x, y)$ sont bornés, ou, plus généralement, s'ils sont finis et intégrables superficiellement dans Q, la surface (1) est quarrable et son aire est donnée par la formule (2).

VIII. Si la surface (1) est quarrable, et si $S(x, y)$ est l'aire de la portion de surface correspondant au rectangle de sommets opposés (0,0) et (x, y), $S(x, y)$ est une fonction à variation double bornée, et même à variation bornée dans Q. Les dérivées partielles du premier ordre de $S(x, y)$ existent finies presque partout dans Q, et elles sont intégrables.

IX. La condition nécessaire et suffisante pour que $S(x, y)$ soit une fonction doublement absolument continue est que $f(x, y)$ soit absolument continue dans Q.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes de Tchebichef.* Note (¹) de M. GASTON JULIA.

Étant données une courbe rectifiable C de longueur l, dans le plan de la variable complexe z et une fonction $f(z)$ de la variable z, continue sur C, on sait qu'il existe, pour chaque degré n, un polynome $\Pi(z)$ et un seul tel que le maximum de $|f-\Pi|$ sur C soit inférieur au maximum de $|f-P|$ sur C quel que soit le polynome P de degré n, différent de Π. Ces polynomes ont été étudiés, surtout lorsque C est un segment d'axe réel, par MM. S. Bernstein et de la Vallée-Poussin, qui en ont donné de nombreuses et intéressantes propriétés. En voici une autre que je crois nouvelle et qui présente cette particularité de *rattacher l'approximation précédente de Tchebichef à l'approximation par des moyennes d'ordre indéfiniment croissant :* le polynome de Tchebichef de degré *n est la limite pour* $K=+\infty$ du *polynome unique* P_K *de degré n qui rend minimum la moyenne d'ordre* K *de la différence* $|f-P|$. Dans tout ce qui suit, les polynomes sont du degré n.

1. Il existe un polynome $P_K(z)$ et un seul tel que

$$p_{K,K}=\left[\frac{1}{l}\int_C |f-P_K|^K\,ds\right]^{\frac{1}{K}} \qquad (s \text{ désignant l'arc de C, } K>1)$$

soit minimum. [Lorsque K est un entier pair, la détermination des coefficients de P_K est un problème algébrique.] On voit que $p_{K,K}$ est inférieur au maximum de $|f-\Pi|$ sur C. Les $p_{K,K}$ croissent avec K. On démontre, par les inégalités classiques sur les moyennes d'ordre K, que les coefficients des P_K sont bornés supérieurement, indépendamment de K, donc les P_K forment une famille également continue. L'égale continuité permet alors de montrer que $[\max|P_K-f|-p_{K,K}]$ tend vers zéro pour $K=+\infty$. Si une suite infinie de polynomes choisis parmi les P_K (correspondant à la suite $K_1, K_2, \ldots$ croissant vers $+\infty$) converge vers un polynome P, le maximum de $|f-P|$ sur C devant être limite de $[\max|f-P_{K_n}|]$ sera limite de p_{K_n,K_n} ; le maximum de $|f-P|$ serait $\leq \max|f-\Pi|$. P ne peut donc différer du polynome de Tchebichef Π. Le polynome P_K a donc pour unique limite Π pour $K=\infty$.

On a ainsi un procédé *régulier*, pour calculer Π, en le définissant comme

(¹) Séance du 10 mai 1925.

limite des polynomes P_{2p}, $p = 1, 2, \ldots, \infty$, dont les coefficients se déterminent par des équations *algébriques*.

2. L'idée précédente : considérer le maximum d'une fonction positive comme la limite pour $K = +\infty$ de ses moyennes d'ordre K, et, par conséquent, pour minimer ce maximum, minimer les moyennes, puis passer à la limite, peut être appliquée à la recherche du polynome de degré n, $\mathfrak{P}(z)$ *qui s'écarte le moins de zero sur* C et dont un coefficient a une valeur fixe, par exemple le premier $\mathfrak{P}(z) = x^n + \ldots$. On détermine le polynome unique $\mathfrak{P}_K = x^n + \ldots$ qui rend minimum

$$\left[\frac{1}{l}\int |\mathfrak{P}_K(z)|^K ds\right]^{\frac{1}{K}} \qquad (K > 1)$$

et l'on montre que $\mathfrak{P}_K$ tend vers $\mathfrak{P}$ pour $K = \infty$. Les $\mathfrak{P}_{2p}(p = 1, 2, \ldots)$ se déterminent encore par des calculs algébriques et l'on a un procédé *régulier* pour obtenir $\mathfrak{P}$. Les polynomes $\mathfrak{P}_K(K > 1)$ ont toutes leurs racines dans le plus petit domaine convexe contenant C : il en est de même de leur limite $\mathfrak{P}$ (Féjer).

3. On pourra appliquer la méthode précédente à tous les problèmes où il s'agit de *minimer le maximum d'une fonction positive sur un ensemble fermé*. Ces problèmes sont très nombreux. J'en traiterai ultérieurement quelques-uns relatifs à la représentation conforme, dont la solution est simple.

On peut également déduire de certaines propriétés des moyennes, par passage à la limite, des propriétés du maximum : c'est ainsi que le théorème de M. Hadamard relatif au maximum du module d'une fonction holomorphe sur le cercle $|z| = r$, est la limite, pour $K = \infty$, du théorème de M. Hardy, relatif à la moyenne d'ordre K du module de cette fonction holomorphe sur le cercle $|z| = r$. Le théorème sur le maximum accompagne dans beaucoup de questions le théorème sur les moyennes, bien qu'historiquement il l'ait souvent précédé. Les moyennes à considérer, linéaires dans 1 et 2, peuvent être superficielles ou à un nombre de dimensions > 2.

C'est ainsi qu'on peut dans 1 et 2, lorsque C est fermée, considérer les moyennes

$$\left\{\frac{1}{\sigma}\iint_D |f - P_K|^K d\sigma\right\}^{\frac{1}{K}} \quad \text{ou} \quad \left\{\frac{1}{\sigma}\iint_D |\mathfrak{P}_K|^K d\sigma\right\}^{\frac{1}{K}},$$

pour déterminer, par passage à la limite, le polynome de Tchebichef de f dans le domaine D limité par C, ou le polynome $\mathfrak{P}_K = x^n + \ldots$, qui s'écarte le moins de zéro dans D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation des domaines et des fonctions analytiques.* Note de M. **W. S. Fédoroff**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons dans le plan de la variable complexe $z = x + iy$ un domaine ouvert D, contenant un ensemble E parfait et d'aire nulle [1].

Soit $w = f(z)$ une fonction analytique uniforme et monogène dans le domaine ouvert D — E, admettant les points de E pour points singuliers, et cependant *uniformément continue* dans D — E. Par suite, si ζ est un point quelconque de E, on peut définir *par la continuité* les valeurs $\omega = f(\zeta)$ sur E [2]. Dans la suite la lettre z désignera un point quelconque de D — E.

Cela posé, soient $R(\zeta)$ un segment rectiligne aboutissant au point ζ et $C(\omega)$ la courbe correspondante dans le plan de la variable complexe $w = f(z)$ aboutissant au point $\omega = f(\zeta)$ [3]. Soient $\operatorname{mes} R(\zeta)$ et $\operatorname{mes} C(\omega)$ les longueurs de ces lignes et $K(\zeta, \varepsilon)$ la borne supérieure du rapport

$$\frac{\operatorname{mes} C(\omega)}{\operatorname{mes} R(\zeta)} \text{ pour } 0 < \operatorname{mes} R(\zeta) < \varepsilon,$$

les nombres ζ et $\varepsilon > 0$ étant fixes.

L'auteur appelle un point ζ_0 un *point d'extension infini*, si l'on a

$$\lim_{\varepsilon \to 0} K(\zeta_0, \varepsilon) = +\infty.$$

Soit H l'ensemble des points d'extension infini.

Théorème. — *Tout point de l'ensemble singulier* E *est un point de condensation de l'ensemble* H.

Pour démontrer ce théorème nous considérons pour chaque point t du domaine D deux nombres suivants :

---

(1) Voir pour les définitions d'*aire* et de *périmètre* d'un ensemble, par exemple, A. Denjoy, *Notice sur les travaux scientifiques*, Toulouse, 1921, p. 6-11. On peut dire que $\operatorname{mes} E = 0$.

(2) C'est M. A. Denjoy qui a donné un premier exemple d'une telle fonction (*Comptes rendus*, 149, 1909, p. 258). Voir aussi M. Goloubeff, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1407.

(3) Nous allons dire que cet ensemble $C(\omega)$ est l'*image* de l'ensemble $R(\zeta)$.

1° $L(t) = \lim_{\varepsilon \to 0} Q(t, \varepsilon)$, où $Q(t, \varepsilon)$ est la borne supérieure du rapport $\left|\frac{f(t+h)-f(t)}{h}\right|$ pour $0 < |h| < \varepsilon$, les nombres t et ε étant fixes [1];

2° $I(t) = \lim_{\varepsilon \to 0} \int\int |f'(z)|\, dx\, dy$, où $\Gamma(t, \varepsilon)$ est l'ensemble des points z dans $\Gamma(t, \varepsilon)$ le cercle $|t - t'| < \varepsilon$, t' étant un point variable de D.

Soient E_∞ l'ensemble des points t tels qu'on a $L(t) = +\infty$, et F_∞ l'ensemble des points ζ pour lesquels $I(\zeta) = +\infty$. L'ensemble F_∞ est évidemment fermé. Il faut remarquer qu'un point singulier ζ peut être tel que non seulement $L(\zeta)$ est fini, mais la dérivée $f'(\zeta)$ existe.

Convenons de dire qu'un ensemble (fermé ou non) est *de périmètre circulaire nul*, si l'on peut enfermer cet ensemble dans un nombre fini ou une infinité dénombrable des cercles, dont la somme des circonférences est aussi petite qu'on veut [2]. Ceci posé, on peut démontrer que si l'*image* de E_∞ pour une fonction $w = F(t)$ univoque dans le domaine D est de périmètre circulaire nul, alors tout ensemble dans le domaine D de périmètre circulaire nul possède la même propriété. Considérons les ensembles E_∞ et F_∞ pour notre fonction analytique $f(z)$.

Lemme. — *Sur chaque portion de* E *ou bien il y a une infinité non dénombrable des points de* E_∞ *ou bien les points de* F_∞ *forment un ensemble de périmètre infini.*

En effet, dans le cas contraire il existe une telle portion de E, qu'on peut par la transformation de l'intégrale $\int\int f'(z)\, d + dy$ à l'aide du théorème de M. Fubini [3] montrer la monogénéité de la fonction $f(\zeta)$ pour tous points ζ de cette portion, ce qui est absurde. Notre théorème est une conséquence de ce lemme.

---

(1) L(t) est la *fonction d'extension* (Streckungsfunktion). Voir M. H. Rademacher, *Ueber streckentreue und winkeltreue Abbildung* (*Math. Zeitschrift*, 4, 1919, p. 131-138).

(2) Nous employons les cercles pour simplifier nos raisonnements : l'ensemble de périmètre nul (avec des contours quelconques) est toujours de périmètre circulaire nul et inversement. Il faut remarquer que ces cercles peuvent avoir des points communs.

(3) Voir par exemple C. de la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue. Fonctions d'ensemble. Classes de Baire*, Paris, 1916, p. 50-53.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les dérivées de la fonction d'ensemble.* Note de M. **Stefan Kempisty**, présentée par M. Émile Borel.

1. Considérons une fonction d'ensemble $F(e)$ définie pour l'ensemble borné et mesurable, variable dans un espace à une ou plusieurs dimensions. On pourrait, en suivant M. Volterra, définir la dérivée de $F(e)$ au point P comme la limite du rapport $\frac{F(e)}{\text{mes}\, e}$, e étant un ensemble contenant P et dont on fait tendre toutes les dimensions vers zéro. Mais alors une fonction sommable ne serait égale à la dérivée de son intégrale que dans les points où la fonction est continue, en négligeant un certain ensemble de mesure nulle [1].

Afin que l'intégration soit une opération presque partout inverse de la dérivation, M. Lebesgue a défini la dérivée en se servant des *familles régulières d'ensembles*. Il appelle ainsi toute famille d'ensembles pour laquelle il existe un paramètre positif α tel que

$$\text{mes}\, e > \alpha\, \text{mes}\, S, \tag{1}$$

S étant la plus petite sphère de centre P contenant e.

La limite unique du rapport $\frac{\text{mes}\, e}{F(e)}$, pour toutes les familles régulières, est, par définition, la dérivée au point P (nous dirons : *la dérivée régulière*) [2].

Or nous allons voir que la *fonction sommable* $f(P)$ *est approximativement continue en tout point où elle est égale à la dérivée régulière de son intégrale.*

2. Pour le montrer considérons la *limite supérieure approximative* L de la fonction f au point P [3]. La densité de l'ensemble E de points Q tels que

$$f(Q) > A < L$$

est évidemment positive au point P, soit α sa valeur. Pour δ positif, il existe alors une sphère S de centre P et de rayon $< \delta$ telle que l'ensemble $e = ES$ vérifie la condition (1).

---

(1) H. Lebesgue, *Sur l'intégration des fonctions discontinues* (*Annales sc. de l'Ecole normale sup.*, 3e série, 27, 1911, p. 388).

(2) *Loc. cit.*, p. 395.

(3) Voir ma Note *Sur les limites approximatives* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 642).

Comme

$$F(e) = \int_e f(Q)\,dQ > A \operatorname{mes} e,$$

la dérivée supérieure régulière $\overline{D}F$ est au moins égale à L.

En appliquant le même raisonnement à la limite inférieure approximative l, on voit alors que

$$\underline{D}F \leqq l \leqq L \leqq \overline{D}F.$$

Quand f est égale à la dérivée unique régulière de son intégrale, nous avons l'égalité

$$f(P) = l = L,$$

ce qui veut dire que la fonction f est approximativement continue au point P.

Comme une *fonction dérivée régulière sommable* est égale à la dérivée de son intégrale, on voit qu'elle *est approximativement continue* (1).

3. D'après un théorème de M. Denjoy une fonction *bornée* approximativement continue d'une variable est égale à la dérivée de son intégrale (2). Or ce théorème subsiste dans l'espace à plusieurs dimensions.

En effet la densité de l'ensemble K de points Q tels que

$$f(Q) > A > L$$

est nulle au point P, d'après la définition de L. Par suite, quel que soit $\lambda > 0$, il existe un nombre positif δ tel que, S étant la sphère de centre P et de rayon $< \delta$, nous avons, pour l'ensemble $E = KS$, l'inégalité

$$\operatorname{mes} E \leqq \lambda \operatorname{mes} S.$$

Soit alors e un ensemble quelconque de la famille régulière dont le paramètre est α. Lorsque S est la plus petite sphère contenant e, on a de plus

$$\operatorname{mes} e > \alpha \operatorname{mes} S.$$

---

(1) Un théorème analogue, pour la fonction d'une variable, a été établi par M. Newman (*On approximate continuity, Transactions of the Cambridge Philosophical Soc.*, 23, 1923, p. 17). Il a montré, sans se servir de l'intégration, que la dérivée sur les familles régulières des ensembles ouverts d'une fonction à variation bornée est approximativement continue.

(2) A. Denjoy, *Sur les fonctions dérivées sommables* (*Bulletin de la Soc. Math. de France*, 43, 1915, p. 173).

Alors pour la *fonction bornée supérieurement* par le nombre B, nous avons

$$(2) \qquad F(e) = \int_e f(Q)\,dQ = \int_{eE} + \int_{e(S-E)} \leqq B \operatorname{mes} eE + A \operatorname{mes} e.$$

Comme

$$\operatorname{mes} eE \leqq \operatorname{mes} E \leqq \lambda \operatorname{mes} S < \frac{\lambda}{\alpha} \operatorname{mes} e,$$

l'inégalité (2) prend la forme

$$\frac{F(e)}{\operatorname{mes} e} < B\frac{\lambda}{\alpha} + A.$$

On en déduit que $\overline{D}F \leqq L$. En tenant compte de l'inégalité établie dans le paragraphe 2, on obtient l'égalité $L = \overline{D}F$. Quand f est bornée inférieurement, $l = \underline{D}F$.

Lorsque la fonction bornée est approximativement continue, on a

$$f(P) = l = L\,\underline{D}F = \overline{D}F,$$

par suite *elle est égale à la dérivée régulière de son intégrale.*

Ainsi *la continuité approximative est une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction bornée soit dérivée régulière.*

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau moteur synchrone à induction démarrant automatiquement, et pouvant être actionné par ondes hertziennes modulées en vue de résoudre les problèmes de téléindication et de télévision.* Note [1] de M. **J.-L. Routin**, transmise par M. André Blondel.

Dans la figure schématique ci-après :

A désigne une source fournissant des courants alternatifs à la fréquence f;

B un interrupteur rotatif actionné à la vitesse de N tours à la seconde (N étant un sous-multiple de f) et établi de façon que la durée des émissions soit égale à celle des interruptions;

C un premier inducteur alimenté par la source A chaque fois que B est fermé;

D un second inducteur, décalé par rapport à A, et monté en parallèle avec A en passant par l'intermédiaire d'un condensateur E;

F un disque métallique monté sur un arbre G.

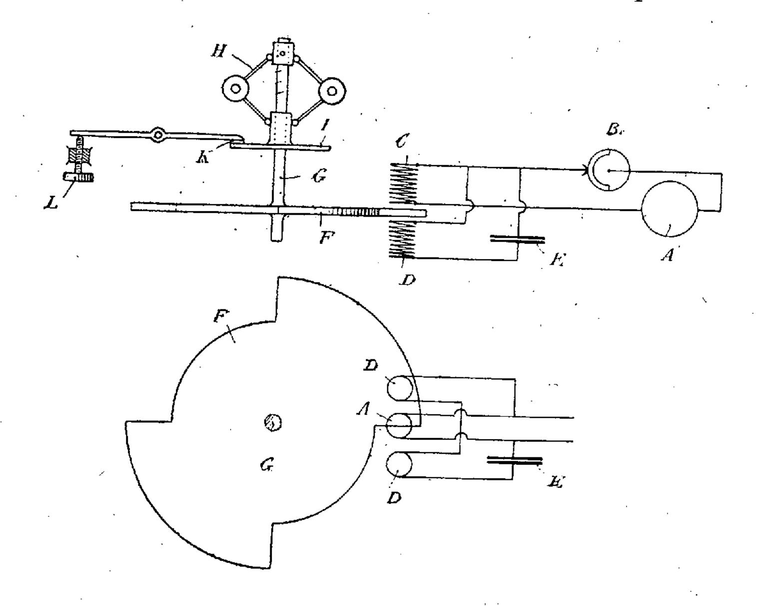
Le disque F est découpé, de façon à présenter n dents séparées par n encoches de largeurs égales (sur la figure on a supposé $n = 2$).

L'ensemble constitué par C, D, E constitue un dispositif connu et qui

[1] Séance du 10 mai 1926.

est employé couramment dans les relais à courants alternatifs pour développer un couple sur un disque ou sur une cloche métallique.

Si f est suffisamment grand par rapport à N, on voit de suite que la valeur moyenne des impulsions reçues par le disque F pourra être considérée comme restant pratiquement constante, tant que sa vitesse n'aura pas atteint $\frac{N}{n}$ tours à la seconde; qu'à la vitesse critique $\frac{N}{n}$ tours à la seconde, les impulsions s'annuleront si la phase du mouvement devient telle que les émissions correspondent au passage des encoches sous les inducteurs; et qu'à cette même vitesse de $\frac{N}{n}$ tours à la seconde, le couple moyen sera d'autant plus grand que le décalage s du disque par rapport à la phase particulière du mouvement ci-dessus définie sera lui-même plus important.



La vitesse de régime du disque F se fixera donc à $\frac{N}{n}$ tours à la seconde, en synchronisme avec B, avec un décalage s qui sera fonction du couple résistant.

Pour éviter le point mort et assurer automatiquement le démarrage quelle que soit la position du disque au départ, il suffira de réduire la profondeur des encoches de telle façon qu'un couple réduit — suffisant pour assurer le démarrage — subsiste toujours, même lorsque les encoches se trouvent en face des inducteurs.

Pour amortir les oscillations pendulaires, on pourra, par exemple, monter sur l'arbre G un petit régulateur à force centrifuge H entraînant un plateau tournant I sur lequel frotte un sabot K dont la position peut être réglée en agissant sur la vis L.

Dans les applications à la stroboscopie pour lesquelles il a été imaginé, ce moteur n'a qu'à entraîner un disque obturateur à la vitesse de 10 à 15 tours à la seconde; il fonctionnera donc pratiquement toujours à vide. Or, sa consommation à vide peut être réduite à moins de 1 watt. Il est donc facile de l'alimenter à l'aide d'un poste récepteur d'ondes hertziennes, et l'installation complète comportera dans ce cas :

1° Un poste émetteur d'ondes hertziennes de longueur l, muni d'un ticker coupant l'émission N fois par seconde, et réglé de façon que chaque train d'ondes dure $\frac{1}{2N}$ de seconde;

2° Un poste récepteur comportant, par exemple, une détectrice autodyne donnant, par interférence avec les ondes de longueur l, des battements de fréquence f, et deux amplificatrices réglées pour la fréquence f.

La réalisation d'un moteur de ce type a été étudiée en vue d'une application spéciale à la téléindication par ondes hertziennes (télémètres de côtes à grande base).

Ce moteur peut également trouver d'autres applications intéressantes, notamment dans la solution du problème de la télévision.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'arc du cuivre.*

Note de M. C.-G. **Bedreag**, présentée par M. M. de Broglie.

Les nombreuses raies qui constituent l'ensemble du spectre d'arc du cuivre ($N = 29$) se répartissent en plusieurs catégories :

a. Les doublets de Rydberg *s-p*, *p-s*, *p-d*, *d-f*, provenant de la répartition électronique (2.8.18).1, c'est-à-dire d'un ensemble stable de 28 électrons plus 1 électron spectral, mobile à partir de la quatrième couche normale ($n = 4$); c'est le spectre normal.

b. Les raies appartenant à un second spectre complexe, constitué par des doublets complexes p-p', d-d', p_i-d_j et des quartets, provenant

(1) Séance du 10 mai 1926.

d'une seconde répartition électronique (2.8.17).2, c'est-à-dire d'un ensemble de 27 électrons, encore très stable pour le cuivre; il présente un moment d'impulsion différent de o et 2 électrons spectraux avec leurs moments d'impulsion respectifs, donc trois moments d'impulsion, dont la résultante totale conduit à des doublets et des quartets.

c. Les raies de combinaison entre les termes des catégories *a* et *b*, dont les plus intenses et les plus fréquentes sont les combinaisons avec la paire de termes $3D_2 = 49062.6$ et $3D_3 = 51105.5$, ces termes correspondant précisément à la configuration (2.8.17).2 (Sven Werner, Shenstone, Hund).

Vu l'intérêt théorique que présente le spectre d'arc du cuivre, nous avons repris la répartition des raies entre les trois catégories ci-dessus et la détermination des termes respectifs.

Pour la catégorie *a* nous donnons ci-après un tableau des termes $T = n_{kj}$ où n représente — au sens de M. Bohr — le nombre quantique principal de l'orbite respective que décrit l'électron spectral; k représente le second nombre quantique (azimutal), $k = 1, 2, 3, 4$ et détermine la qualité des termes s, p, d, f; les indices j représentent le troisième nombre quantique (intérieur), ils caractérisent l'ensemble électronique, et prennent les valeurs 1 et 2 pour p, 2 et 3 pour d, 3 et 4 pour f; nous donnons aussi n' (nombre quantique effectif), qui relie la valeur des termes T en cm^{-1} à la constante R de Rydberg

$$T = \frac{R}{n'^2} \text{ cm}^{-1}.$$

TABLEAU I. — *Termes* $T = n_{k_j}$ *du spectre d'arc du cuivre*
(les termes nouveaux sont marqués d'un astérisque).

k_j. n.	3'.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
s		62308,0	19171,1	9459,5	5636,7	3739*	2660*	1990*
n^*		1,32	2,34	3,40	4,40	5,42	6,42	7,425
p_1		31772,8	12957,7	7280*	4530	3167*	2314*	1754*
p_2		31524,4	12925,0		4545*	(3160)		
n_1^*		1,86	2,91	3,89	4,91	5,89	6,89	7,91
d_2	12372,8	6920,8	4415	3076*	2250*	1721*	1360*	
d_3	12365,9	6917,1	4413					
n^*	2,98	3,97	4,98	5,98	6,98	7,98	8,98	
$f_{3,4}$		6877	4399	3056	2245*	1720*	1358*	
n^*		3,99	4,99	5,99	6,99	7,99		

Voici un groupe de raies définies par les termes précédents (les astérisques marquent des raies nouvelles).

	ν calculé.	λ observé.	Int.	ν observé.
$5s$ — $7p$..........	14626.1	6835.46	(1)	14625.6
$5s$ — $8p$..........	16014.1	6243.12	(2)	16013.2
$4p_1$ — $9s$..........	29112.8	3433.98	(1)	29112.4
$4p_2$ — $9s$..........	28864.4	3463.5	(1)	28864.3
$4p_2$ — $10s$..........	29534.4	3384.8	(2)	29535.4
$4p_1$ — $10s$..........	29782.8	3356.4*	(1)	29785.3
$4p_1$ — $6d$..........	28696.8	3483.9*	(1 *d*)	28695.3
$4p_2$ — $6d$..........	28448.4	3514.4*	(1 *d*)	28446.3
$4p_2$ — $7d$..........	29274.4	3414.8	(1)	29275.9
$4p_2$ — $8d$..........	29803.4	3354.4	(2 *d*)	29803.0
$4p_2$ — $5f$..........	27125.4	3685.6	(1 *d*)	27124.6
$4p_1$ — $6f$..........	28716.8	3481.7	(2 *dd*)	28713.4
$4p_2$ — $6f$..........	28468.4	3511.6*	(1 *dd*)	28468.9
$5s$ — $6d$..........	14756.1	6775.6	(2 *d*)	14754.8
$4p_2$ — $6p$..........	24244.4	4123.25	(2 *d*)	24245.9
$4p_1$ — $7p$..........	27227.8	3671.9	(2)	27225.9
$4p_2$ — $8p$..........	28537.4	3525.4*	(1)	28357.5
$4p_2$ — $9p$..........	29210.4	3422.2	(2)	29212.6
$4p_2$ — $10p$..........	29770.4	3558.3	(1)	29768.5
$3D_3$ — $7p$..........	46560.5	2147.07	(2)	46560.4
$3D_3$ — $8p$..........	47938.5	2085.2	(1)	47941.7
$3D_2$ — $9p$..........	46748.6	2138.4	(1 *d*)	46749.1
$3D_2$ — $10p$..........	47308.8	2113.1	(4)	47308.8

On remarque dans ce tableau de raies que la différence entre les valeurs calculées et observées de ν est comprise entre ± 1 et ± 2, ce qui est normal pour les termes à grandes valeurs de k ou de n.

Comme on le voit, nous avons constaté aussi des raies *p-f*, *p-p* avec $\Delta k = 2$ ou 0; ces raies qui sont exclues dans les conditions ordinaires, apparaissent ou sont renforcées dans l'arc sous 200 volts, c'est-à-dire dans un champ électrique intense, par suite d'un commencement d'effet Stark. Dans ces conditions on constate encore d'autres raies nouvelles.

POLARIMÉTRIE. — *Effet de sel et pouvoir rotatoire.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

Des expériences anciennes (Long, Schutt, etc.) ont montré que les sels alcalins (KCl, NaCl) exercent une légère influence sur le pouvoir rotatoire

des tartrates, de l'émétique. Les variations constatées, augmentations ou diminutions suivant les cas, ne dépassent guère quelques degrés, même pour les solutions concentrées de sels neutres. Des variations beaucoup plus considérables ont été signalées par M. de Mallemann pour l'acide tartrique, l'acide malique, et leurs éthers. Une explication de ces variations a été proposée : formation en solutions concentrées d'un composé contenant deux molécules tartriques avec élimination d'eau.

I. On retrouve des modifications importantes de pouvoir rotatoire dans tous les équilibres où interviennent les acides tartrique et malique.

Nous donnerons comme exemple le mélange acide $2MoO^3, C^4H^6O^5$, qui possède des sels bien caractérisés. Le pouvoir rotatoire de ce mélange est, comme celui de l'acide malique, variable avec la concentration. Si, au lieu de dissoudre le mélange dans l'eau, on le dissout dans une solution de sel neutre, le pouvoir rotatoire est fortement modifié. Les nombres ci-dessous donnent les valeurs de $[\alpha]_V$ ($\lambda = 5460$) dans l'eau et KCln :

	C.........	0,18.	0,45.	0,90.	1,80.	4,50.	9,0.	18,0.
$[\alpha]_V$	Eau.......	132	140	127,8	116,5	85,5	60,5	34,8
	KCln......	238	229,5	211,0	181,0	135	89,3	-

Les différents sels neutres donnent des effets différents. On obtient par exemple la même courbe de $[\alpha]$ en fonction de C dans KCl 0,2 M. et $CaCl^2$ 0,05 M. Des variations du même genre se produisent pour les mélanges d'acide tartrique ou malique et d'acide borique. Leur interprétation est possible en supposant que les complexes acides formés en solution sont en équilibre avec de l'acide actif non combiné, l'équilibre étant déplacé notablement dans une solution de sel neutre, qui se présente ainsi comme un dissolvant dont les propriétés thermodynamiques sont tout à fait différentes de celles de l'eau.

Les modifications de $[\alpha]$ persistent pour les sels des acides complexes et sont alors analogues à celles rappelées plus haut pour les tartrates. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de $[\alpha]_V$ pour le dimolybdomalate d'Am dans l'eau et KCl 2 M.

	C.............	0,05.	0,1.	0,25.	0,5.	1.	2.	5.	10.
$[\alpha]_V$	Eau....	150,5	180	212	225	236,5	242,2	248,5	252,0
	KCl 2 M.	192,5	216,2	230,5	242,0	247,5	253,5	258,4	211,5

$[\alpha]$ est variable dans les deux solvants, mais constamment plus élevé dans KCl. Si l'on attribue la variation de $[\alpha]$ dans l'eau à une hydrolyse du complexe $2MoO^3$, $C^4H^4O^5Am^2$, donnant du malate d'Am peu actif,

on peut admettre que, dans la solution qui renferme KCl, celui-ci retient une certaine quantité d'eau. Le calcul indique, aux concentrations utilisées, environ 20 H^2O pour KCl. Des résultats analogues peuvent être déduits des variations de pouvoir rotatoire du tartrate d'éthyle dans les sels neutres. Nous espérons pouvoir apporter de cette manière une contribution à la question encore fort controversée de l'hydratation des ions en solution.

II. On peut envisager les résultats précédents à un autre point de vue. Nous venons de rappeler que les propriétés thermodynamiques d'une solution saline sont très différentes de celles de l'eau. On sait que l'activité des ions et en particulier celle des ions H^+ est grandement influencée par la présence de sels neutres. Les acides faibles qui figurent dans les complexes que nous étudions (MoO^3, B^2O^3 etc.) se comportent comme nettement plus forts dans une solution saline. Par exemple, dans $CaCl^2$ 2,5 M, l'acide borique donne une courbe de neutralisation déplacée du côté acide de trois unités de pH environ par rapport à la courbe dans l'eau. Les acides complexes analogues à l'acide dimolybdomalique sont eux aussi plus forts, l'hydrolyse de leurs sels est moins importante. Nous indiquerons une conséquence de ce nouveau point de vue; elle est relative aux complexes de Sb^2O^3.

On dissout dans KCl concentré un mélange renfermant $SbCl^3$, l'acide tartrique et HCl dans les proportions 1-1 et environ 3; on étudie la neutralisation progressive de ce mélange par la potasse en mesurant $[\alpha]$ et pH. Les solutions restent parfaitement limpides jusqu'au maximum de $[\alpha]$ (formation de l'émétique). Après ce maximum elles déposent Sb^2O^3, soluble dans un excès de KOH comme dans l'eau. Les mesures suivantes sont relatives à des solutions qui contiennent $\frac{3}{1000}(SbCl^3.C^4H^6O^6).\frac{10}{1000}$ HCl et des quantités croissantes de KOH, le volume étant complété à 20^{cm^3} avec KCl 3,5 M. y désigne en $\frac{1}{1000}$ la potasse qui reste après neutralisation de HCl (valeurs négatives pour HCl libre; rotations sous 2^{dm}; les deux dernières solutions ont été filtrées) :

x...	0.	−6,27.	−1,94.	2,38.	6,70.	8,85.	10,93.	11,35.	12,18.	13,03.	15,32.
α_V...	+0,41	0,81	2,07	4,61	7,70	10,12	12,10	12,33	12,61	9,46	3,21
pH..	–	0,225	0,416	0,623	0,815	1,065	1,35	1,475	5,42	7,35	9,35

Les courbes de α et pH en fonction de x sont entièrement analogues à celles que nous avons tracées pour le mélange dimolybdomalique. Le procédé est applicable à l'étude d'autres complexes de Sb^2O^3 et plus généralement d'acides insolubles.

III. Les actions précédentes sont relatives à des équilibres. Les sels neutres ont également une influence importante sur la marche de certaines mutarotations. Les quelques nombres ci-dessous donnent la variation de α^{ν} pour deux solutions renfermant dans 100^{cm^3} $3^g,5$ de molybdate ordinaire d'Am et $1^g,8$ de tartrate de méthyle, l'une dans l'eau, l'autre dans $CaCl^2$ 0,125 M :

T (min.).		2.	4.	6.	8.	10.	16.	26.	36.	46.	56.	66.
$\alpha_{\nu}^{2\,m}$	Eau...	2,69	3,33	3,82	4,24	4,59	5,32	6,02	6,54	6,86	7,10	7,31
	$CaCl^2$	1,95	2,14	2,35	2,52	2,69	3,15	3,79	4,31	4,74	5,10	5,36

L'étude de cette nouvelle action semble devoir donner des renseignements à la fois sur la constitution des éthers et sur le mécanisme de la mutarotation.

OPTIQUE. — *Sur la production de surfaces polarisantes par dépôt d'hérapathite sur lames verticales.* Note de MM. **A. Zimmern** et **Maxime Coutin**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente ([1]), l'un d'entre nous a signalé la possibilité d'obtenir facilement de petites surfaces d'hérapathite en substituant à l'ancien procédé de préparation une méthode par voie gazeuse. L'action lente de la vapeur d'iode permet aux cristaux d'hérapathite de progresser à la surface de la solution mère et de conserver sur une certaine étendue leur homogénéité et leur orientation initiale.

Les résultats sont encore meilleurs si au lieu de préparer les cristaux en cuvette horizontale, on les oblige à se former et à se nourrir par dépôt progressif sur une lame verticale. On peut utiliser pour cela une cuve étroite, munie d'un dispositif d'écoulement (en goutte à goutte, par exemple) tel que le niveau du liquide dans la cuve s'abaisse d'une manière lente et uniforme. Une lame de verre bien propre est dressée verticalement dans le liquide et, en arrière d'elle, on dispose une petite quantité d'iode porphyrisé dont on favorise la vaporisation par échauffement (lampe électrique sous-jacente, etc.).

Du fait de son poids spécifique élevé la vapeur d'iode tombe sur le ménisque concave qui mouille le verre, et c'est au sommet de l'angle de

---

([1]) A. Zimmern, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1082.

raccordement que se fait la prise, sous forme d'une fine bande cristalline horizontale. Le liquide est porté à une température d'environ 30°. On constate alors, au fur et à mesure de l'écoulement, que le verre se recouvre de cristaux plus ou moins épais qui se développent au début en bandes triangulaires, ensuite en bandes rectangulaires (probablement par suite d'une gêne réciproque dans le cours de la croissance) et qui peuvent présenter finalement une orientation uniforme sur une assez grande étendue.

Grâce à cette technique, nous avons pu obtenir sur verre des dépôts homogènes. Les cristaux produits ainsi permettent d'isoler des plages d'hérapathite régulières, transparentes et d'orientation unique atteignant environ 5^{mm} de côté.

Ces plages pourraient être utilisées pratiquement dans la construction de certains appareils d'optique, tels que jumelles, microscopes, lunettes, pinces à tourmaline, etc.

Ces premiers résultats laissent envisager la possibilité de réaliser par ce procédé la fabrication de surfaces polarisantes applicables à des instruments d'optique de plus grande ouverture, et de remédier ainsi, pour quelques-uns d'entre eux, à la rareté croissante du spath.

La méthode décrite ici paraît également susceptible d'être généralisée. Elle semble, en particulier, être applicable à la production synthétique de certains minéraux pouvant se former par voie gazeuse ou pneumatolytique.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le rendement de la fluorescence dans le domaine des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. J'ai montré [1] comment on pouvait, grâce à la méthode de condensation, évaluer le rendement en rayons X caractéristiques des atomes excités par effet photo-électrique. Les nombres donnés alors se rapportent au niveau K de l'argon et du krypton; j'ai pu étendre les mesures au xénon, ionisé dans ses niveaux K et L.

2. L'étude de la fluorescence dans la série K de cet élément peut se faire en utilisant un rayonnement excitateur dont la longueur d'onde moyenne corresponde à environ 45 kv. Les rayons secondaires venus du niveau K (10 kv) sont nettement distincts des tertiaires (35 kv), des quaternaires

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 773.

(5 kv), et des rayons secondaires provenant de l'effet photoélectrique dans les niveaux extérieurs à K, qui sont émis sous une quarantaine de kilovolts.

On réalise ces conditions en alimentant le tube producteur de rayons X sous 60 kv et en filtrant le faisceau sur du samarium (K = 45 kv). Le dénombrement pur et simple des cas d'absorption K suivis ou non de fluorescence (par le nombre de secondaires seuls, ou associés à un tertiaire) donne le rendement $R_K = 0,7$. Une statistique plus détaillée permettrait d'évaluer les probalités respectives des différentes combinaisons d'évolutions rayonnantes et non rayonnantes des atomes ionisés. On observe en effet les cas suivants :

1 rayon secondaire venu de K,	1 rayon tertiaire K,	2 rayons quaternaires.
1 »	1 »	1 »
1 »	0 »	1 »
1 »	0 »	0 ».

pour l'effet photo-électrique dans le niveau K seulement.

Actuellement, le nombre d'observations relatives à chacun de ces cas est encore trop restreint pour justifier une conclusion ferme.

3. Des conditions analogues aux précédentes, mais relatives au niveau L du xénon, sont réalisées par l'excitation de l'ampoule Coolidge sous 15 kv avec filtration sur de l'arsenic (K = 12 kv). Les absorptions dans L se distinguent alors facilement des ionisations dans M, P, etc. Les dénombrements de rayons simples et doubles donnent $R_L = 0,25$ comme valeur du rendement de fluorescence dans la série L.

4. Si l'on confronte les nombres obtenus jusqu'à présent pour ces rendements, on constate une variation considérable avec le numéro atomique de l'élément étudié, et avec la profondeur du niveau excité, comme l'indique le tableau suivant :

	Argon (N = 18).	Krypton (N = 36).	Xénon (N = 54).
Niveau K................	0,07	0,5	0,7
Niveau L................	–	–	0,25

En résumé, que l'on considère le même niveau dans différents éléments, ou que l'on étudie les niveaux successifs d'un même élément, le rendement de fluorescence croît avec la fréquence des rayonnements correspondants.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'adsorption.*
Note (¹) de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'étude des phénomènes capillaires qui se manifestent à la surface de séparation de la benzine et des solutions de savon m'a conduit à admettre que l'addition d'électrolytes, qui diminuent la solubilité du savon dans l'eau, doit augmenter la quantité de ce corps condensé par adsorption à la surface de séparation de deux liquides (²).

J'ai cherché à vérifier cette hypothèse en faisant usage d'un dispositif expérimental employé par M. Lewis, puis par M. Donnan (³).

L'appareil représenté sur la figure 1 consiste en un tube vertical d'une capacité de 35^{cm^3} que l'on remplit d'une solution savonneuse. A travers un orifice capillaire t, la benzine peut s'écouler goutte à goutte à la partie inférieure de ce tube.

Les gouttes traversent l'eau de savon puis viennent, par l'étranglement du tube A, se déverser dans un vase V. Pour faire une expérience, on enferme 50^{cm^3} de benzine dans un flacon R muni d'un dispositif à écoulement constant, on en fait écouler une petite quantité jusqu'au moment où le niveau s'élève dans le tube a à une hauteur suffisante pour que l'affleurement se produise à l'extrémité du capillaire t.

On arrête alors l'écoulement, on verse lentement 5^{cm^3} de benzine contenus dans une pipette et l'on compte le nombre de gouttes correspondant n_1 ; on remet ensuite en service le flacon R, et quand ce flacon est vide on fait à nouveau couler 5^{cm^3} et l'on compte le nombre de gouttes correspondant n_2. Soit Δ_c la variation de la concentration de la liqueur savonneuse (nous verrons plus loin comment on mesure cette variation). La quantité de savon adsorbée est au total $U = 35\Delta_c$ et l'adsorption par unité de surface

$$u = \frac{35\Delta_c}{11 \times \frac{n_1 + n_2}{2} S}.$$

ou, en définitive,

$$u = \frac{A\Delta_c}{\sqrt[3]{\frac{n_1 + n_2}{2}}}.$$

(¹) Séance du 26 avril 1926.

(²) René Dubrisay et Pierre Picard, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 589, et 178, 1924, p. 205.

(³) Lewis, *Philosophical Mag.*, 15, 1908, p. 299 et 17, 1909, p. 466. — Donnan, *Soc. Roy.*, 85, 1911, p. 557.

En répétant la même série d'expériences avec une solution de savon additionnée de chlorure de sodium, on aurait

$$u' = \frac{A\,\Delta_{c'}}{\sqrt[3]{\frac{n'_1 + n'_2}{2}}}.$$

D'où

$$\frac{u'}{u} = \frac{\Delta_{c'}}{\Delta_c}\sqrt[3]{\frac{n_1 + n_2}{n'_1 + n'_2}}.$$

Pour évaluer Δ_c et $\Delta_{c'}$ je me suis inspiré de la méthode indiquée par

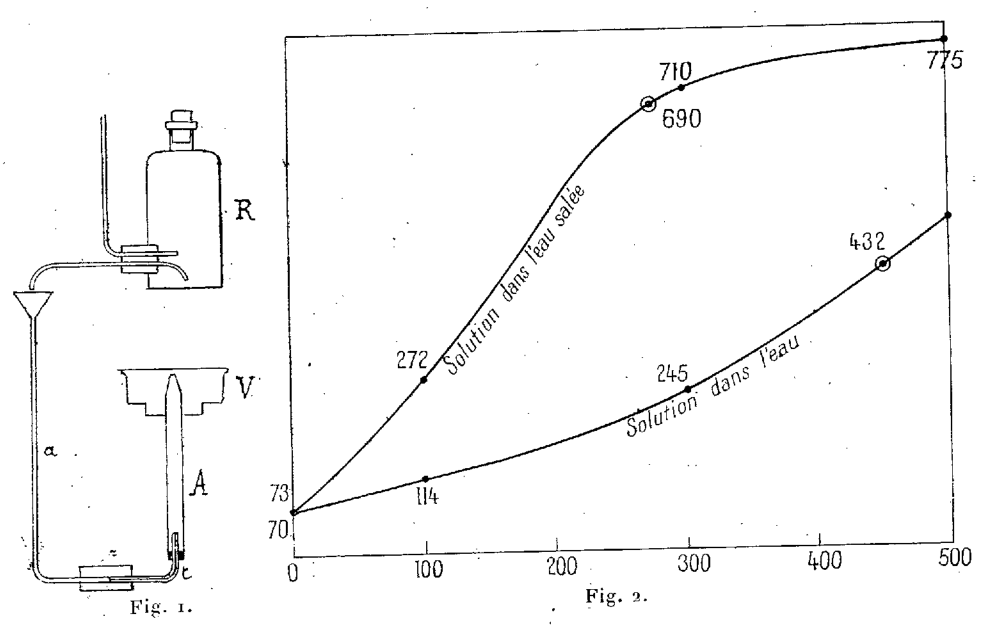


Fig. 1. Fig. 2.

M. Lewis et j'ai compté dans le même appareil le nombre de gouttes correspondant à l'écoulement de 5$^{cm^3}$ de benzine à travers différentes solutions savonneuses de titre connu. Il devient alors possible de tracer des courbes en portant en abscisses les concentrations, en ordonnées le nombre de gouttes correspondant (*fig.* 2). On en déduit par interpolation graphique Δ_c en fonction de n_1 et de n_2 et, dans le cas de solutions salées, $\Delta_{c'}$ en fonction de n'_1 et n'_2.

Avec une solution de laurate de soude à 0,05 pour 100, j'ai obtenu $n_1 = 502$ et $n_2 = 432$, d'où $\Delta_c = 0{,}05$. La même solution additionnée de 1 pour 100 de chlorure de sodium a donné $n'_1 = 775$ et $n'_2 = 690$, $\Delta_{c'} = 0{,}20$ et

$$\frac{u'}{u} = \frac{20}{5} \times \sqrt[3]{\frac{934}{1485}} = 3{,}4.$$

De même pour une solution de glycocholate de soude à 0,5 pour 100 pure et additionnée de 1 pour 100 de chlorure de sodium, j'ai obtenu $n_1 = 263$, $n_2 = 257$, $n'_1 = 387$, $n'_2 = 351$, $\Delta_c = 0,04$ et $\Delta_{c'} = 0,15$. D'où

$$\frac{u'}{u} = \frac{15}{4}\sqrt[3]{\frac{520}{738}} = 3,3.$$

Ces résultats sont assez significatifs pour que, malgré le caractère évidemment approximatif des mesures, on puisse y voir une justification de l'hypothèse suggérée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés des mélanges liquides ternaires.* Note [1] de **M. P. Brun**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente, nous avons fait connaître les premiers résultats que nous avons obtenus dans l'étude de la miscibilité des mélanges hydroalcooliques ternaires [2]. Nous nous sommes proposé ensuite d'étudier comparativement les propriétés physiques des mélanges d'eau et d'alcool éthylique avec un troisième alcool entièrement miscible (propanol), très miscible (isobutanol), ou peu miscible (alcool isoamylique). Pour ces trois séries de mélanges, nous avons mesuré avec précision les variations de leurs densités et de leurs indices de réfractions en fonction des concentrations des trois éléments.

Une fois en possession de tous ces résultats expérimentaux, nous avons calculé les réfringences spécifiques de nos mélanges en nous servant de la formule de Lorentz et Lorenz :

$$R = \frac{[n^2 - 1]}{[n^2 + 2]d}.$$

Nous avons ensuite calculé les variations de volumes qui se produisent dans ces mêmes mélanges, et nous avons tracé, dans nos graphiques trilinéaires, toutes les courbes correspondantes. Nous donnerons seulement ici les graphiques représentant ces variations dans le cas des mélanges d'alcool isoamylique (*fig.* 1 et 2).

Si nous considérons le triangle n° 2, nous remarquerons qu'il est partagé en trois régions : une zone de non-miscibilité, une zone où le mélange s'ac-

---

(1) Séance du 19 avril 1926.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1747.

compagne de dilatations, et une zone où le mélange des trois liquides produit une diminution de volume.

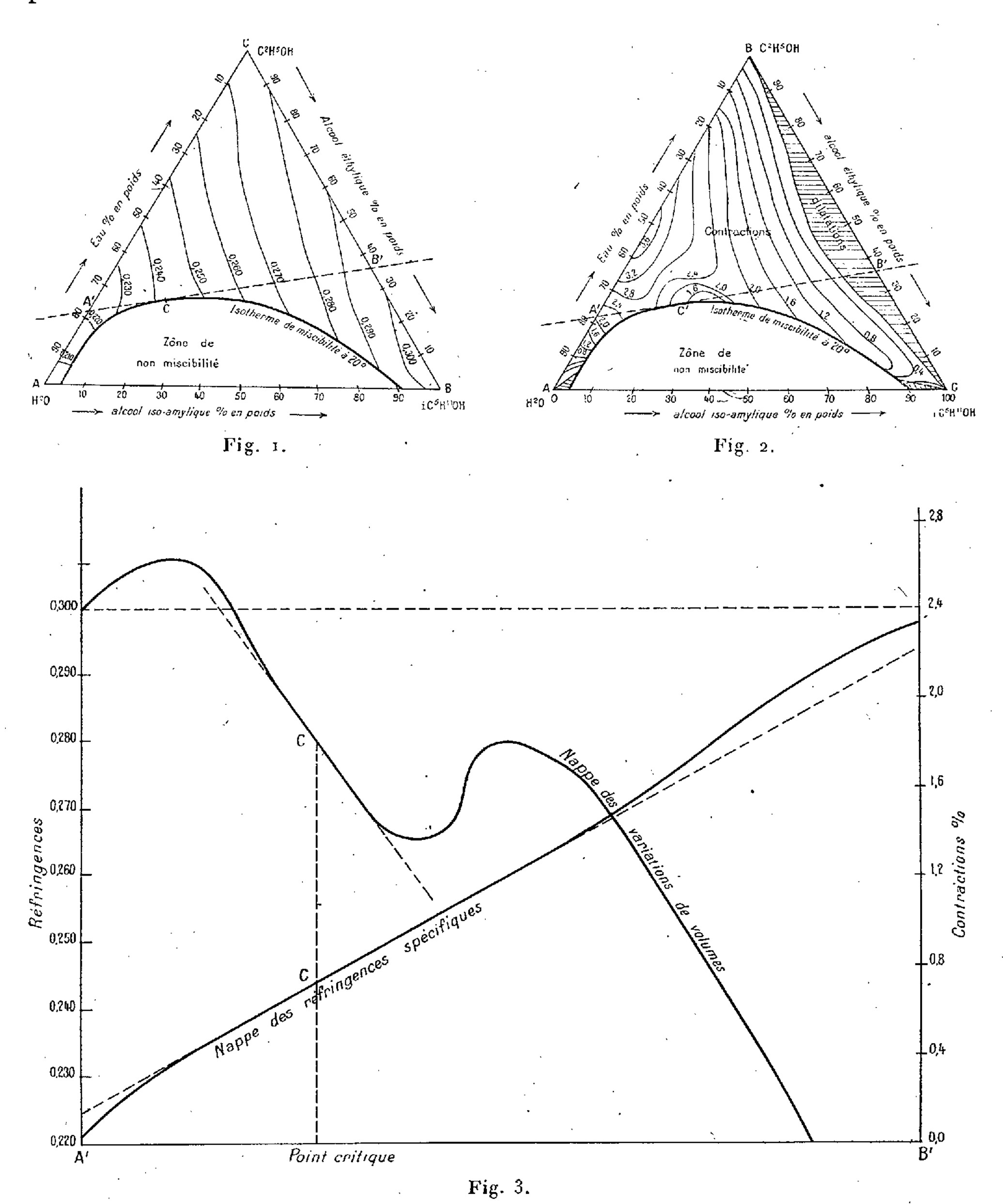


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Nous nous sommes proposé de vérifier, à l'aide de ces résultats expérimentaux, les théories établies et démontrées par MM. Gay et Perrakis,

dans le cas des mélanges de deux liquides seulement [1]. Pour cela, menons un plan normal au plan de nos triangles et tangent, en même temps, à la courbe de miscibilité, au point critique. Soit A'CB' la projection de ce plan (*fig*. 3). Ce plan coupera, dans l'espace, la nappe représentant la propriété étudiée. La figure 3 donne les sections obtenues dans le cas de l'alcool isoamylique ; nous remarquerons que les courbes représentant ces sections ont une portion sensiblement rectiligne dans le voisinage du point critique. Les autres alcools nous donnent des résultats semblables. Donc, dans le cas des mélanges de liquides ternaires, l'étude des propriétés spécifiques de ces mélanges montre qu'il y a continuité de ces propriétés au point critique. Nous avons donc vérifié, dans le cas des mélanges ternaires, les théories déjà vérifiées dans le cas des mélanges binaires.

MÉTALLURGIE. — *A propos de la granulation des scories et des métaux.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La granulation par trempe dans l'eau froide est très usitée dans la métallurgie.

Les scories ou laitiers, sortant liquides des fours de fusion, sont transformés par ce procédé en une poudre grossière, facile à évacuer et à retraiter, soit pour la préparation des ciments, soit pour la confection du béton, en remplacement du sable et du gravier.

La granulation des métaux fondus permet de les purifier ou de leur donner la forme la plus convenable à certains emplois.

Pour produire la granulation, on fait couler le métal liquide en un filet mince d'une hauteur de plusieurs mètres, dans des fosses très profondes et remplies d'eau.

Grâce à la hauteur de chute, le métal a le temps de se refroidir dans l'air; en arrivant au contact de l'eau avec une vitesse suffisante, le jet se brise en gouttelettes qui se figent dans l'eau. Toutes choses égales d'ailleurs, pour des métaux comme nickel, cuivre, argent, cobalt, ces gouttelettes présentent la forme de sphères d'autant plus parfaites que ces métaux ont absorbé une plus grande quantité de gaz pendant la fusion.

Vu la faible conductibilité calorique des scories, les installations pour leur trempe sont bien moins importantes que celles pour la granulation des métaux.

La hauteur de chute libre dans l'air se réduit généralement à 1-3^{m}, de même pour la profondeur de la fosse de trempe.

Quand l'écoulement de la scorie hors du four est continu et que celle-ci n'entraîne

(1) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1137.

pas une quantité appréciable de métal, de telles installations de trempe sont suffisantes. Mais si le malheur veut que le métal arrive plus abondamment avec la scorie dans la fosse de granulation, une explosion violente se produit qui peut détruire le matériel, blesser et tuer le personnel. Tous les ans et dans tous les pays, on déplore quelques catastrophes dues à une explosion de ce genre.

Je décris ici une méthode de trempe très simple qui, jusqu'à présent, m'a donné toute satisfaction, bien qu'elle soit appliquée pour le moment dans des conditions particulièrement difficiles. Peut-être y trouvera-t-on un remède efficace contre les explosions.

Le procédé consiste dans l'injection d'air comprimé, au fond du récipient de trempe et au-dessous du point de chute du jet liquide de scories ou de métal.

L'air comprimé produisant un violent brassage de l'eau a pour premier résultat de briser le jet. D'autre part, en créant un mouvement ascendant de l'eau, il ralentit la chute des particules incandescentes et leur permet de se figer avant d'atteindre le fond. On évite ainsi, même avec des récipients de trempe peu profonds, la formation d'une nappe liquide de scorie ou de métal. C'est, en effet, cette nappe qui, engendrant instantanément une poche de vapeur, provoque l'explosion.

Résultats expérimentaux. Scories. — Voici comment sont conduites mes expériences de granulation.

La scorie (silicate de magnésie et de fer) [1] sortant du four à 1500°-1600° coule dans un bassin de 40^{m^3} de capacité environ, rempli d'eau jusqu'à une hauteur de 4^{m}.

Les coulées du four étant intermittentes, on trempe quelquefois jusqu'à 3 tonnes de scories en l'espace de 4-5 minutes.

La hauteur de chute dans l'air est nulle puisque le dessous de la goulotte de coulée est mouillé par l'eau. L'air comprimé est fourni sous une pression de 1^{kg} environ. Son débit est seulement 2^{m^3} à la minute. La température de l'eau peut atteindre 85° à la fin de l'opération.

Avant l'installation de ce bassin, on avait essayé de tremper la scorie directement dans la rivière, en l'y dirigeant au moyen d'un assez long chenal. Des explosions se produisaient souvent dans la rivière.

Métal. — 30 à 40^{kg} d'un métal, porté à plus de 1500°, sont trempés en l'espace de 1 minute, dans un récipient en tôle épaisse de $1^{m},60$ de profondeur et contenant environ 300^{l} d'eau. La pression et le volume d'air comprimé sont les mêmes que précédemment. Hauteur de chute dans l'air $0^{m},40$.

---

(1) Cette scorie fond à 1250° environ.

A la fin de l'opération, l'eau entre en ébullition. Au cours d'une centaine d'expériences, une seule explosion s'est produite, arrachant le fond du récipient. C'est précisément qu'on avait oublié de mettre le compresseur en marche.

Conclusions. — En résumé, la granulation à l'aide de l'air comprimé permet de réduire les dimensions du récipient de trempe et la hauteur de chute dans l'air tout en augmentant la sécurité.

D'autre part, l'emploi de l'air comprimé donne la possibilité de tremper dans l'eau très chaude et d'y emmagasiner un nombre considérable de calories apportées par la scorie. Cette eau, à une température voisine de 100°, peut être utilisée pour l'alimentation des chaudières, le chauffage des locaux, etc.

CHIMIE. — *Préparation rapide de l'acide mono-molybdophosphotungstique, réactif des polyphénols et des vitamines.* Note (1) de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

En 1921 et 1924 (2) j'ai démontré l'existence de l'acide $(MoO^3)(P^2O^5)[17(TuO^3)][(H^2O)24]$ qui donne diverses réactions colorées avec les solutions antiscorbutiques et celles contenant les facteurs liposolubles, vitamines D et A. Son utilité pour la recherche du facteur C fut récemment confirmée par les travaux de Koopmann (1924), Armando Frank (1925) et Lœwy (1925). En ce qui concerne le facteur liposoluble A (3), la couleur obtenue varie du bleu violet stable au bleu vert fugace selon la nature des corps qui accompagnent le facteur. La méthode indiquée en 1921 et 1923 (4) pour la cristallisation du réactif est lente et de petit rendement. Cependant, une propriété curieuse de l'acide monomolybdophosphotungstique permet de l'obtenir rapidement et très pur. Ce corps très soluble dans les solutions équimoléculaires des acides SO^4H^2, HCl et NO^3H, précipite à l'état cristallin quand leurs concentrations s'approchent d'une concentration six fois plus grande. Ainsi à 15° C. sa solubilité dans l'acide sulfurique normal dépasse 45 pour 100, et tombe au-dessous

(1) Séance du 10 mai 1926.

(2) Bezssonoff, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 446; 179, 1924, p. 572; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 4, 1922, p. 83; 6, 1924, p. 220.

(3) Bezssonoff, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 572.

(4) Bezssonoff, *Bioch. Journ.*, 17, 1923, p. 420.

de 2 pour 100 dans l'acide contenant 294g,27 par litre. L'analyse des cristaux ainsi obtenus, leur réaction caractéristique et leur aspect ont montré qu'ils appartiennent à l'acide mono-molybdophosphotungstique décrit. Ceci permet de recourir au procédé suivant pour obtenir cet acide :

On dissout dans 250^{cm^3} d'eau distillée sur permanganate, 74^g de tungstate de soude, 8^g acide phosphomolybdique, 10^{cm^3} acide ortho-phosphorique concentré (densité 1,75). D'autre part, on obtient une solution acide en mélangeant 125^{cm^3} SO^4H^2 concentré à l'eau redistillée pour faire 250^{cm^3} à 15° C. La première solution, portée à 45° C. environ, est additionnée goutte à goutte de 85^{cm^3} de la solution acide. On laisse refroidir; après 3 heures, la cristallisation est achevée. On décante et on lave les cristaux sur filtre par 50^{cm^3} SO^4H^2 à 15 pour 100 en volume. On obtient ainsi environ 60^g de cristaux. On les dissout dans 100^{cm^3} d'eau redistillée chauffée à 45° C. environ, puis on précipite par 35^{cm^3} SO^4H^2 à 50 pour 100 en volume, on lave par SO^4H^2 à 15 pour 100. On éprouve la pureté des cristaux obtenus en ajoutant quelques gouttes de la solution aqueuse concentrée à 2 ou 3^{cm^3} d'acide pyrogallique à 1 pour 1000. La réaction colorée doit être jaune brun et se conserver telle 2 heures au moins. Pour préparer le réactif : sécher rapidement sur papier filtre suédois 15^g de cristaux, dissoudre dans 100^{cm^3} SO^4H^2 à 5 pour 100 en volume. On conserve le réactif deux mois environ en le mettant en fiole jaune rodée ou fermée par un bouchon de caoutchouc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. J. Bougault.

Je demande la permission à l'Académie de rectifier l'interprétation de certains résultats publiés dans des Notes récentes [1] sur les dérivés à fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone.

L'acide amidé (I) traité par le permanganate de potassium donne, ai-je dit, un imide auquel j'ai attribué la formule (II);

$$(I)\quad \begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO^2H \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad\qquad\quad O \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CONH^2 \end{array} \qquad (II)\quad \begin{array}{l} \qquad C^6H^5.CH^2.C - CO \\ \qquad\qquad O\langle\ |\qquad \rangle NH \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C - CO \end{array}$$

ainsi le passage de (I) à (II) entraînait la perte de CO^2, H^2O et H^4.

Or je viens de m'apercevoir, à la suite de recherches d'ordre synthétique, qui seront publiées prochainement, que la formule de l'imide doit

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1944, et **182**, 1926, p. 785.

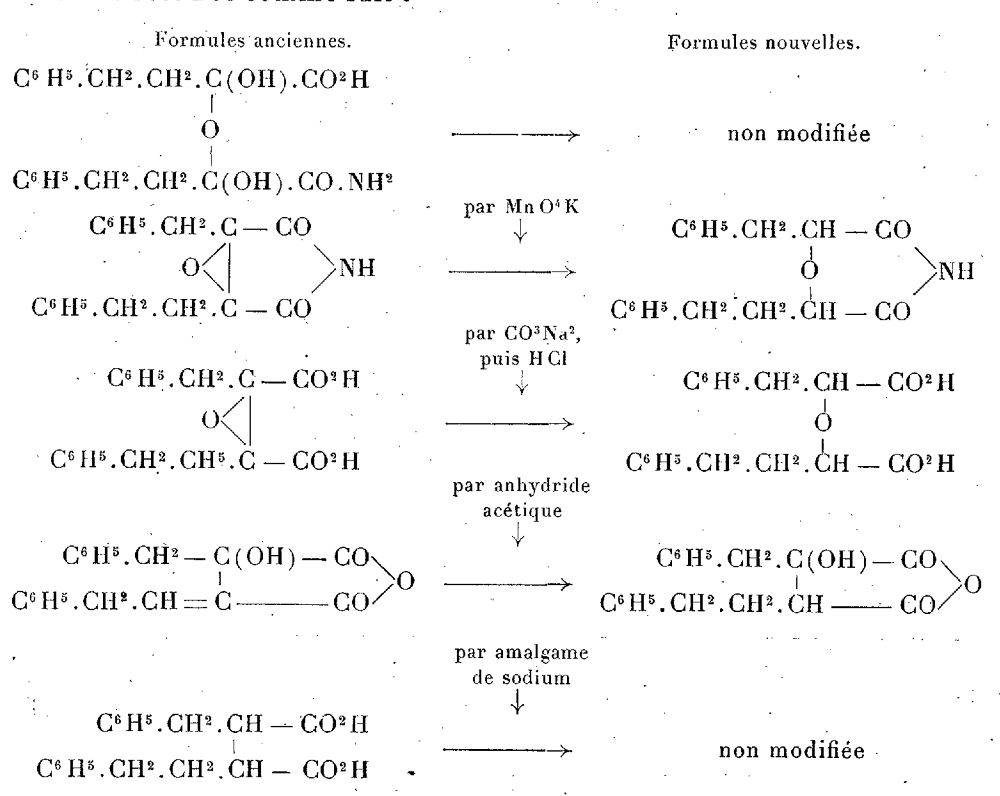
nécessairement comporter 2H de plus, ce qui supprime la liaison par les C, déjà reliés par O.

J'avais admis cette liaison pour expliquer le fait que le corps (I) est très facile à saponifier par les alcalis en 2^{mol} d'acide benzylpyruvique, tandis que le composé (II) est infiniment plus résistant.

Mes nouvelles recherches m'obligent à revenir sur ce point et à adopter pour l'imide en question la formule (III), qui d'ailleurs s'accorde mieux avec les résultats analytiques déjà publiés [1].

(III) $C^6H^5.CH^2.CH - CO$ / O / $>NH$ / $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH - CO$

Naturellement, la modification apportée à la formule de l'imide entraîne, pour les corps qui en dérivent, des modifications correspondantes. Il suit de là que la colonne de droite du tableau donné à la page 787 de ce Recueil doit être rectifiée comme suit :



(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1420 à 1436.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation des nitriles de la série grasse. Préparation des di et trialcoylacétonitriles.* Note de M^me **Pauline Ramart**, transmise par M. Charles Moureu.

L'alcoylation des nitriles de la série grasse par action des halogénures d'alcoyles sur les dérivés sodés de ces nitriles a été tentée à plusieurs reprises.

Le peu de succès de ces différentes tentatives s'explique par le fait que les métaux alcalins et les alcoolates provoquent la condensation des nitriles aliphatiques sur eux-mêmes.

En effet Frankland et Kolb (1), puis Ernst von Meyer (2) et ses élèves, qui ont étudié l'action du sodium ou de l'alcoolate de sodium sur le propionitrile, ont montré que, suivant les conditions expérimentales, on obtient soit un trimère (cyanéthine), soit un dimère (dipropionitrile).

Knœvenagel (3) traita l'acétonitrile et l'isobutyronitrile par de l'alcoolate de sodium et du chlorure de benzyle, puis recommença les mêmes expériences en remplaçant l'alcoolate de sodium par du sodium au sein du benzène. Il ne put obtenir de produits de substitution.

Hanriot et Bouveault (4), les premiers, procédèrent à une véritable alcoylation du propionitrile au moyen du sodium et de l'iodure d'éthyle en présence d'éther anhydre, et obtinrent du méthyléthylacétonitrile, à côté de produits de condensation du propionitrile. En remplaçant l'iodure d'éthyle par l'iodure de méthyle, il ne se forma aucun produit de substitution, mais seulement des produits de condensation. Ils bornèrent là leur étude.

Enfin Holzwart (5) traita l'acétonitrile par le sodium au sein de l'éther anhydre et fit agir l'iodure d'éthyle sur ce mélange. Il ne put isoler le produit de substitution obtenu en très faible proportion, et dut le transformer en acide pour le caractériser.

En sodant par l'amidure de sodium les nitriles aliphatiques, j'ai réussi à préparer des di et trialcoylacétonitriles.

---

(1) Frankland et Kolb, *Ann.*, 65, 1847, p. 262.

(2) Ernst von Meyer, *Journ., f. prakt. Chem.*, 22, 1881, p 261; 26, 1883, p. 337; 37, 1888, p. 396; 38, 1889, p. 584; 39, 1890, p. 245.

(3) Knœvenagel, *Ber.*, 21, 1888, p. 1344.

(4) Hanriot et Bouveault, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 1, 1889, p. 170.

(5) Holzwart, *Journ. f. prakt. Chem.*, 39, 1890, p. 230.

Le mode opératoire est le suivant : on introduit peu à peu le nitrile que l'on désire alcoyler dans de l'éther anhydre contenant l'amidure de sodium en suspension. On chauffe le mélange au bain-marie environ deux heures et l'on ajoute avec précaution l'halogénure. On termine la réaction en maintenant le mélange à l'ébullition pendant plusieurs heures. Enfin on isole, par les méthodes habituelles, le nitrile obtenu.

J'ai condensé le chlorure de benzyle successivement sur le dérivé sodé des : diéthylacétonitrile, le nitrile n-valérique, le nitrile caprylique et j'ai obtenu les composés suivants qui n'avaient pas encore été signalés :

Butylbenzylacétonitrile $\begin{matrix} CH^3(CH^2)^3 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CH-CN$. — Obtenu par l'action du chlorure de benzyle sur le n-valéronitrile sodé. Liquide bouillant à 157°-159° sous 20^{mm}.

Butylbenzylacétamide $\begin{matrix} CH^3(CH^2)^3 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CH-CONH^2$. — Le nitrile précédent, traité par KOH alcoolique, se transforme en amide; cette amide se présente sous la forme de fines aiguilles blanches qui, purifiées dans la ligroïne, fondent à 100°-101°.

Hexylbenzylacétonitrile $\begin{matrix} CH^3(CH^2)^5 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CH-CN$. — Résulte de la condensation du chlorure de benzyle sur le nitrile caprylique sodé. Il bout à 170°-172° sous 15^{mm}.

Hexylbenzylacétamide $\begin{matrix} CH^3(CH^2)^5 \\ C^5H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CHCONH^2$. — Provient de l'hydratation du nitrile précédent sous l'influence de KOH alcoolique. Il fond à 90°.

Diéthylbenzylacétonitrile $\begin{matrix} (CH^3CH^2)^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CH-CN$. — Obtenu par l'action du chlorure de benzyle sur le diéthylacétonitrile. Il bout à 175° sous 35^{mm}.

En résumé j'ai montré : que les nitriles aliphatiques, traités par de l'amidure de sodium, donnent des dérivés sodés et que ces dérivés sodés traités par les halogénures d'alcoyle sont transformés en nitriles α-alcoylés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'acénaphtène.*

Note de M. R. **Marquis**, transmise par M. A. Béhal.

La toute récente publication (dernier cahier des *Berichte*, 59, 1926, p. 920) d'un Mémoire de MM. J. von Braun et O. Bayer sur l'hydrogénation de l'acénaphtène-quinone, m'engage à faire connaître quelques résultats d'un travail depuis longtemps commencé, que les circonstances ne m'ont pas permis de continuer.

Les auteurs allemands signalent, parmi les produits de l'hydrogénation

de l'acénaphtène-quinone, la présence de l'alcool, non encore décrit, correspondant à l'acénaphtène, l'*acénaphténol :*

CH^2 — CHOH

Or, j'ai obtenu cet alcool en oxydant l'acénaphtène en solution acétique par le bioxyde de plomb. Ce fait me paraît mériter d'être signalé; en effet la transformation directe d'un groupement CH^2 en groupement alcool secondaire a été assez rarement observée; à part l'exemple classique de la transformation du tétraméthyldiaminodiphénylméthane en hydrol de Michler, je ne sais pas si l'on en connaît beaucoup d'autres.

L'oxydation de l'acénaphtène se fait de la façon suivante : A sa solution dans 5 parties d'acide acétique, on ajoute peu à peu une molécule de bioxyde de plomb. La réaction est plus ou moins facile suivant la nature du bioxyde : alors qu'avec un PbO^2 lourd, foncé en couleur, elle ne se fait qu'en chauffant vers 80°, avec un PbO^2 léger de couleur claire (tel que celui qu'on obtient en traitant l'acétate de plomb par un hypochlorite et séchant à basse température), la réaction commence à la température ordinaire et se poursuit avec dégagement de chaleur; le rendement, dans ce dernier cas, est un peu meilleur.

La réaction terminée, on étend de beaucoup d'eau; il se sépare un produit demi-solide qui contient un peu d'acénaphtène non attaqué, beaucoup de produits résineux, de l'acénaphténol et l'acétate de celui-ci. On saponifie par une courte ébullition avec de la soude alcoolique, reprécipite par l'eau et cristallise dans le benzène, puis dans l'alcool. Le rendement en acénaphténol est médiocre et ne dépasse guère 27 à 30 pour 100; aucun autre produit défini n'a pu être isolé.

L'acénaphténol cristallise dans l'alcool en petits prismes aplatis qui fondent à 148° (bloc Maquenne) (*Analyse :* Trouvé pour 100 : C 84,70; H 6,15. Calculé : C 84,70; H 5,95). Il donne une *phényluréthane* cristallisant dans l'alcool en lamelles fusibles à 137°.

J'ai essayé vainement de transformer cet alcool en dérivé halogéné (chlorure ou bromure) par les méthodes classiques : dans presque tous les cas, il ne s'est formé que des produits résineux insolubles dans tous les solvants; cependant, en employant la méthode de Darzens (chlorure de thionyle et pyridine), j'ai observé la formation d'acénaphtylène, par suite soit d'une déshydratation, soit d'un départ d'acide chlorhydrique.

La constitution de l'acénaphténol résulte sans ambiguïté de sa transformation en acénaphténone par oxydation. Cette opération se fait avec un

excellent rendement au moyen de l'acide chromique en solution acétique; on obtient ainsi la cétone à peu près pure qu'une cristallisation dans l'éther donne en petits prismes fusibles à 121°.

Malgré le rendement médiocre en acénaphténol, on a là un procédé relativement commode pour préparer, à partir de l'acénaphtène, l'acénaphténone qui n'a été obtenue jusqu'ici qu'assez difficilement.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des calcaires de Creüe.* Note de M. **J. H. Hoffet**, présentée par M. Émile Haug.

Les calcaires à chaux grasse de Creüe et de Chaillon (Meuse) ont été jusqu'ici considérés par les auteurs [1] comme représentant un faciès profond de l'Argovien. Ceux des exploitations voisines de Sorcy étaient souvent placés dans le Rauracien. Mais la faune de cet ensemble d'assises, qui est particulièrement riche, dans les deux premières localités, en Bivalves, Gastropodes et Céphalopodes bien conservés, n'a encore fait l'objet d'aucune étude d'ensemble. Un premier examen des Ammonites de la Collection Moreau, qui ont été recueillies par ce donateur, alors que ces diverses carrières étaient encore exploitées, et qui sont actuellement conservées dans les collections de l'Institut de Géologie de l'Université de Nancy, m'a permis de déterminer les espèces suivantes :

1° Formes communes à l'Oxfordien et à l'Argovien : *Ochetoceras canaliculatum* Buch, *Oppelia subclausa* Opp., *Perisphinctes Orbignyi* de Lor., *P. Elisabethæ* de R., *P. Wartæ* Buk.

2° Formes argoviennes : *Peltoceras transversarium* Quenst., *Oppelia stenorhyncha* Opp., *Perisphinctes Birmensdorfensis* Moesch, *P. promiscuus* Buk., *P. biplex* Sow., *P. subrota* Choff., *P. leiocymon* Waag., *P. Parandieri* de Lor., *P. Lucingensis* Favre, *P. Mindove* Siem., *P. gerontoides* Siem., *P. Depereti* de R., *P. Idelettæ* de R., *P. Kiliani* de R., *P. Richei* de R., *P.* cf. *pagri* Waag., *P.* cf. *Dybowskii* Siem., *P.* cf. *Navillei* Favre, *P.* cf. *Helenæ* de R., enfin *P. Marnesæ* de Lor., *P. Berlieri* de Lor., *P. virgulatus* Quenst., ces derniers passant fréquemment dans le Rauracien.

Mais en outre de ces Ammonites qui caractérisent bien le niveau admis pour cette formation, j'ai trouvé :

---

(1) E. Haug, *Traité de Géologie*, Paris, 1908, 2, p. 1059. — M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, Paris, 1926, p. 272.

3° Formes rauraciennes : *Perisphinctes Fontannesi* Choff., *P. Mogosensis* Choff., *P. subcolubrinus* Waag., *P. Delgadoi* Choff.

4° Formes séquaniennes : *Perisphinctes Achilles* d'Orb., *P. Ernesti* de Lor., *P. Crussoliensis* Font., *P. lictor* Font., *P. Lothari* Opp., *P.* cf. *breviceps* Quenst.

Tous ces fossiles étant en excellent état, sauf quant à leurs cloisons, qui sont rarement visibles, j'ai pu serrer leur détermination de près et donner un soin particulier à l'étude des formes séquaniennes. *P. Achilles*, entre autres, a été déterminé, non d'après la figure de d'Orbigny ou celle de Loriol, qui sont peu fidèles, mais d'après deux moulages d'échantillons de la collection d'Orbigny.

Les niveaux supérieurs sont représentés par un nombre d'échantillons et d'espèces beaucoup plus faible que la couche inférieure. Ce fait tient sans doute à ce que l'on exploitait les calcaires argoviens et que ce n'est que rarement que les zones plus élevées ont été attaquées. La roche, d'après la gangue des Ammonites, y devient plus dure et témoigne, au Séquanien, d'un changement dans la sédimentation.

La série des formes énumérées ci-dessus permet de compléter les données que l'on possédait sur la stratigraphie de cette partie de la Lorraine. La sédimentation vaseuse s'y est bien établie à l'Argovien, comme on le croyait, mais *elle s'est poursuivie sans interruption, au moins jusqu'au Séquanien inférieur inclus*, pendant que, latéralement se formaient, au Rauracien, l'Oolithe de Saint-Mihiel et, au Séquanien, l'Oolithe blanche. L'érosion a enlevé, à Creüe, les niveaux supérieurs au Séquanien et l'on ne peut savoir quel fut dans cette région privilégiée le régime de la sédimentation kiméridgienne.

Il convient d'ajouter que R. Nicklès, sans avoir rien publié sur cette question, avait pressenti l'extension verticale des calcaires de Creüe, car il enseignait qu'elle devait dépasser l'Argovien. Les listes que j'apporte confirment ses vues. Elles fournissent une base précise pour la rectification importante de contours qui devra être faite, quant au Séquanien, sur cette partie de la feuille de Commercy. Mes observations concordent d'autre part avec les résultats d'un travail de coordination générale des assises de l'Oolithique de Lorraine, que M. Corroy doit publier sous peu.

Une étude détaillée de l'ensemble des fossiles de ces gisements apportera ultérieurement des précisions sur les associations fauniques dans cette partie profonde de la mer lorraine du Jurassique supérieur.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Alimentation de roches volcaniques australiennes.* Note [1] de M. **P.-L. Mercanton.**

Dans une précédente Note [2], j'ai appelé l'attention sur le fait, que quatre échantillons de basalte prélevés dans une coulée tertiaire de Godhavn (île de Disco, Groenland occidental) présentaient tous quatre une aimantation naturelle de sens indubitablement contraire à celui que la lave prendrait dans le champ magnétique terrestre actuel si elle s'y refroidissait. Ces laves indiquaient ainsi, pour l'époque de leur prise d'aimantation, une inclinaison magnétique terrestre *australe* et voisine de 55°.

Dès lors, il devenait intéressant d'étudier de la même façon des laves provenant de l'hémisphère sud. Voici mes constatations provisoires :

Laves du Queensland sud-est. — Elles ont été prélevées avec tout le soin possible par M. le professeur Richards, de l'Université de Brisbane, dans les environs de Point Danger, entre Brisbane et Clarence. M. Richards, qui a soumis leur âge à une discussion approfondie, les tient pour tertiaires.

De cinq échantillons, trois sont de forme compliquée et d'aimantation peu régulière, partant difficile à juger sans les soumettre à la taille. Un quatrième, tiré de la coulée inférieure de Point Danger, a une aimantation plutôt faible, mais nettement, sud à la face supérieure, horizontale, du bloc et nord à sa face inférieure.

Il en est de même pour le cinquième spécimen, un basalte d'observation Hill, fortement aimanté.

Le champ terrestre aurait donc eu ici une inclinaison nettement *boréale*.

Laves de la Nouvelle-Galles du Sud. — Les échantillons ont été prélevés par M. Osborne, de l'Université de Sydney, dans le Southern Coalfield, région Kiama-Wollongong. Il s'agit ici de coulées incluses dans les terrains permo-carbonifères. Des cinq échantillons en cause, quatre avaient une aimantation mal définie et faible, que l'irrégularité de forme des blocs empêchait de préciser sans préparation. Le cinquième, un basalte compact, d'Omega, prélevé à une quinzaine de mètres sous la surface de la coulée et dont la forme prismatique facilitait encore l'examen, a décelé sans équivoque une aimantation correspondant à une inclinaison *boréale* aussi du champ magnétisant; sa face supérieure était sud et l'inférieure nord.

---

[1] Séance du 10 mai 1926.

[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 859.

Ainsi l'inclinaison du champ terrestre aurait été anciennement, en Australie, de sens opposé à ce qu'elle est aujourd'hui.

Que l'opposition existe pour les laves tertiaires entre le Groenland et le Queensland, cela ne saurait beaucoup surprendre. Il est plus singulier qu'elle se révèle aussi pour des roches d'éruption beaucoup plus anciennes de la Nouvelle-Galles du Sud. Il y a là matière à de nouvelles investigations.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Examen anthropologique sommaire des Hommes fossiles de la Denise, près Le Puy-en-Velay.* Note (¹) de M. **Lucien Mayet**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans une Note récente (²), M. Ch. Depéret a fixé de façon paraissant définitive l'âge géologique du gisement des ossements humains fossiles de la Denise : sédiments d'un cratère-lac déposés entre la période d'activité pliocène du volcan de Denise et la reprise des éruptions à la fin des temps quaternaires. La terrasse des Rivaux reposant sur la coulée basaltique de la Croix-de-Paille qui plonge dans la vallée de la Borne, renferme une faune du type aurignacien — cheval prédominant, rhinocéros, mammouth, hyène, ours, etc. — et date cette dernière phase active du volcan : monastirienne ou prémonastirienne. Il en résulte que les Hommes fossiles de la Denise sont d'ancienneté probablement plus grande que celle des Moustériens du type de Néanderthal. Ils représenteraient donc les plus vieux documents humains découverts en France, se plaçant entre l'*Eoanthropus Dawsoni*, d'âge tyrrhénien, et l'*Homo neanderthalensis*, d'âge monastirien.

L'authenticité longtemps contestée du gisement avait quelque peu discrédité les ossements de Denise, et M. Boule n'a pas cru devoir les placer parmi les *Hommes fossiles* « parce que n'offrant pas des garanties géologiques suffisantes ». Ces garanties étant désormais acquises, il s'imposait de les étudier au point de vue anthropologique. Ce sont les premiers résultats de cette étude qui sont exposés ici.

Les ossements conservés au Musée Crozatier sont encore dans l'état de leur découverte, après enlèvement partiel de leur gangue par Aymard et Bertrand de Doue. C'est une heureuse circonstance que cette absence de préparation. Elle eut isolé, sans grande utilité, en leur enlevant

(¹) Séance du 10 mai 1926.

(²) *Comptes rendus* 182, 1926, p. 358.

toute preuve d'origine, des fragments plus ou moins brisés, accumulés pêle-mêle par l'eau qui les a rassemblés.

En 1872, M. E. Sauvage leur a consacré, dans la *Revue d'Anthropologie*, un article écrit avec l'idée préconçue d'une affinité néanderthaloïde : sa brève étude se trouve faussée à sa base même.

Actuellement existent deux lots d'ossements provenant de la Denise : ceux acquis par Aymard pour le Musée du Puy et ceux achetés par Pichot-Dumazel pour sa collection venue ensuite au Musée. Le tout avait été découvert par un nommé Adsclénard, dans le sol de sa vigne au cours de l'année 1844. Ces ossements sont à rapporter à trois individus différents : deux hommes, l'un relativement jeune (Aymard), l'autre au seuil de la vieillesse (Pichot-Dumazel); une jeune femme (Pichot-Dumazel).

I. *Série Aymard.* — Moitié inférieure d'un frontal, lui-même divisé en deux fragments par une cassure sagittale datant du dégagement de la pièce par Aymard. Arcades sourcillières assez accentuées, bord supérieur de l'orbite épais, arrondi; dépression glabellaire peu prononcée — sans que ces caractères puissent être qualifiés de néanderthaloïdes et soient bien différents de ce qui est noté sur nombre de crânes actuels. Le petit sillon sus-orbitaire ne rappelle en rien la profonde dépression qui limite en arrière l'énorme *torus supra-orbitalis*, l'épaisse visière, dans le rameau de Néanderthal.

Ce qui peut être tracé de la courbe frontale, la montre régulière et, dans la mesure où il est possible d'orienter correctement ce fragment de frontal, peu fuyante. Largeur frontale minima $= 97^{mm}$, donc tout à fait *Homo sapiens* (91 à 100^{mm}) et pas du tout *Homo neanderthalensis* (104 à 109^{mm}).

Fragment de pariétal. Fragment de maxillaire supérieur avec trois molaires et une canine d'un sujet jeune. Vertèbre lombaire et, au-dessous, vertèbre dorsale. IV^{e} métacarpien droit. Radius (225^{mm}) et cubitus (252^{mm}) gauches. I^{er} métatarsien droit très volumineux, etc.

II. *Série Pichot-Dumazel.* — Deux tiers postérieurs de crâne comprenant l'occipital et la plus grande partie des pariétaux. Homme, 60 ans, vraisemblablement dolichocéphale. Portion nasale de la face et du maxillaire supérieur. Maxillaire inférieur avec M_2, M_1, P_4, P_3, C (40^{mm}) et emplacement de M_3.

Clavicules droite et gauche (145^{mm}). Divers fragments osseux des membres supérieurs. Os iliaque. Fémur gauche remarquablement conservé (420^{mm}), pas très massif, avec ligne âpre bien accentuée, etc.

III. *Frontal Pichot-Dumazel.* — Le premier en date des ossements exhumés par Adsclénard (début de l'année 1844), ce frontal a été figuré avec une orientation absolument fantaisiste par Sauvage. Il est peu fossilisé malgré le dépôt de limonite feuilletée qui en remplit la concavité. Frontal de jeune femme avec arcades orbitaires minces, non proéminentes; glabelle très réduite; bosses frontales nettes; belle courbe ascendante (123^{mm}). Largeur frontale minima $= 91^{mm}$. Id. maxima $= 115^{mm}$. Id. inter-orbitaire $= 22^{mm}$. Id. bi-orbitaire externe $= 101^{mm}$ (?), toutes dimensions répondant à un crâne plutôt dolichocéphale.

Conclusions. — De ce premier examen sommaire, se dégagent les deux conclusions suivantes :

1° Les Hommes fossiles de la Denise n'appartiennent pas au rameau de l'*Homo neanderthalensis*.

2° Ils sont à rapporter à des individus de petite taille, $1^m,56$ à $1^m,60$, dolichocéphales, appartenant au rameau de l'*Homo sapiens* et représentant une mutation peut-être contemporaine des ossements humains de Piltdow, en tout cas très antérieure aux Aurignaciens du type de Cro-Magnon.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la découverte d'une faune de Mammifères de l'étage Pontien à Libros* (province de Teruel, Espagne). Note [1] de **M. F. Roman**, transmise par M. Depéret.

Cette localité située dans la vallée du Guadalaviar avait été autrefois étudiée par M. Dereims, qui en a donné une coupe [2].

Sur l'Infra-Lias repose un complexe de conglomérats, de grès et de sables sans fossiles, auquel fait suite une série de marnes et argiles gypsifères, souvent bitumineuses, qui constituent le sommet de la colline de Morron de la Nava. A la partie supérieure se trouvent quelques bancs calcaires avec mollusques continentaux (*Planorbis Mantelli*, *Pl. declivis*, *Limnaea heriacensis*) que l'auteur a attribué à juste titre au Pontien. Tout récemment, M. Royo y Gomez [3] a confirmé l'exactitude de cette observation, en ajoutant que très probablement le Tortonien et le Sarmatique devaient être aussi représentés, mais jusqu'ici n'ont pas donné de fossiles.

Entre temps, le Révérend Père Longin Navas a découvert dans les argiles bitumineuses (n° 4 de la coupe de M. Dereims) des restes de Vertébrés qu'il a décrits et figurés [4] en les attribuant à l'Oligocène :

Ce sont, un oiseau *Thiornis sociata* Navas, des Batraciens *Rana Puyeoi* Navas, *Rana Quellenbergi* Navas, *Oligosemia spinosa* Navas, une couleuvre voisine de *Pylmophis sansaniensis* Lartet, quelques Insectes et Arachnides.

---

(1) Séance du 12 avril 1926.

(2) Dereims, *Recherches géologiques dans le sud de l'Aragon* (*Thèse*, fasc. 43, 1898, p. 172).

(3) Royoy Gomez, *Note sur la géologie de la péninsule ibérique* (*B. S. G. F.*, 4e série, 25, 1925, p. 87, note infrapaginale).

(4) Longinos Navas, *Algunos fosiles de Libros* (*Teruel*) (*Bol. Soc. Iberica, Ciencias nat.*, 21, nos 3-4, marzo-abril 1922, p. 52).

Les restes de Mammifères que le R. P. Longin Navas a bien voulu me communiquer sont les suivants :

Hipparion gracile Kaup, un astragale.

Amphicyon pyrenaicus Depéret. — Espèce décrite de Cerdagne ([1]), représentée à Libros par un crâne incomplet, montrant les prémolaires inférieures et supérieures, une partie de la carnassière inférieure et les deux canines *in situ*. L'identité de la forme de Cerdagne et de celle de Libros n'offre aucun doute. Cette espèce, qui est un peu plus petite que l'*Amph. major* Lart. de Sansan, n'appartient pas au même rameau; je pense qu'il faut la considérer comme descendant de *Amph. steinheimensis* Fraas de Steinheim, qui en diffère par des canines plus réduites et des prémolaires plus espacées.

Hyæna eximia Roth et Wagner. — Fragment de mandibule montrant p_3 et p_4 de forme conique très surbaissée. Malgré le mauvais état de conservation de ces dents on ne peut hésiter à les rapporter à l'espèce de Pikermi et du Léberon.

On voit donc que la présence d'un *Hipparion*, de *Hyæna eximia*, espèces essentiellement pontiques et d'*Amphicyon pyrenaicus*, qui jusqu'ici n'a été trouvé que dans le Pontique de Cerdagne, viennent affirmer une fois de plus que la partie supérieure des assises de Libros appartiennent bien à cet étage et qu'elles sont le prolongement vers le Sud dans la vallée du Guadalaviar des marnes de Concud, si classiques par leur faune de Mammifères.

CHIMIE AGRICOLE. — *Absorption et mobilisation de l'ion K dans les colloïdes argileux.* Note de M. **A. Demolon**, présentée par M. L. Lindet.

On a généralement admis, depuis les travaux classiques de Way, Vœlcker, Dehérain, que la potasse des sels minéraux autres que le carbonate est absorbée dans le sol après transformation en carbonate par double décomposition avec le carbonate de chaux, bien que cette réaction paraisse difficilement admissible. Il est plus satisfaisant d'envisager cette propriété des sols comme un phénomène d'adsorption avec échange d'ions, dû aux silicates colloïdaux. La complexité du problème tient à deux causes essentielles : 1° la coexistence dans les sols arables de colloïdes argileux et

---

([1]) Depéret et Rerolle, *Note sur la géologie et les restes de Mammifères du bassin lacustre de Cerdagne* (*B. S. G. F.*, 3e série, **13**, 1885-1886, p. 499).

humiques; 2° la variabilité des bases retenues à l'état de complexes d'adsorption dans les conditions naturelles. Nous avons repris l'étude de la question en utilisant la terre à brique exempte de colloïdes organiques, traitée de manière à faire varier la nature et la proportion des ions échangeables.

Rôle de l'ion Ca *dans l'absorption de la potasse.* — Nous avons comparé l'adsorption de l'ion K de KCl pour trois échantillons d'une même terre à brique comportant les modalités suivantes :

1. Terre à brique naturelle renfermant 3,40 pour 100 de CO^3Ca.

2. La même décarbonatée à froid par HCl à 1 pour 100, lavée, mise au contact d'une solution de $CaCl^2$ et lavée finalement à l'eau distillée jusqu'à disparition de l'ion Ca dans le filtrat. Cet échantillon renfermait alors 1 pour 100 de calcium adsorbé exprimé en CaO.

3. La même décalcifiée à froid par HCl à 1 pour 100 jusqu'à disparition du calcium dans l'eau de lavage. Cette opération, assez longue, comporte une très légère attaque de la matière argileuse.

La fixation de la potasse a été déterminée en opérant par percolation avec une solution de KCl à 1 pour 100 qu'on faisait repasser à intervalles réguliers sur la terre et qu'on renouvelait toutes les 24 heures. Nous avons obtenu les fixations suivantes pour 100^g de terre.

		Potasse fixée en KCl.	
	Numéros.	Pour 100 de terre.	Pour 100 de KCl en contact.
Premier passage (après 24 heures)	1	0,640	42,4
	2	0,646	43,2
	3	0,225	15,0
Deuxième passage (de 24 à 48 heures)	1	0,142	10,3
	2	0,120	8,8
	3	0,105	8,7
Troisième passage (de 48 à 72 heures)	1	0,125	9,0
	2	0,104	7,7
	3	0,064	3,8
Quatrième passage (de 72 à 96 heures)	1	0,058	3,5
	2	0,046	3,0
	3	traces	»
Fixation totale après 5 passages	1	1,007	
	2	0,954	
	3	0,395	

On voit que la décarbonatation ne modifie pas l'absorption de la potasse en présence d'ions Ca adsorbés permettant le jeu du double échange. Nous

avons montré ailleurs [1] que les complexes alumino-siliciques argileux sont susceptibles de décomposer le carbonate de chaux. On peut donc admettre que l'absorption de la potasse s'effectue par une double réaction comportant d'abord la réaction des colloïdes argileux sur CO^3Ca, puis l'échange du calcium ainsi fixé avec l'ion K de KCl.

Par contre nous constatons que la décalcification totale réduit considérablement la capacité d'absorption vis-à-vis de la potasse sans toutefois l'annihiler. C'est dans ce cas seulement qu'il y a déplacement de fer et d'alumine.

Enfin remarquons que la terre à briques avant d'atteindre son point de saturation peut fixer par hectare une quantité considérable de potasse, de l'ordre de 20 tonnes en KCl pour la couche arable. Malgré la richesse naturelle de ces sols qui donnent 3,50 pour 100 de K^2O dans leur fraction argileuse, il n'est pas surprenant que les applications de sels de potasse y marquent souvent d'une manière frappante. Il faut en effet tenir compte de conditions de mobilisation de la potasse retenue à l'état de complexes d'absorption.

Rôle de l'ion Ca *dans la mobilisation de la potasse.* — S'il est établi depuis longtemps que les sels de chaux, le sulfate en particulier peuvent mobiliser la potasse, l'attention ne semble pas s'être portée spécialement sur les combinaisons d'absorption qui fixent dans le sol la potasse des sels solubles utilisés comme engrais et qui ne sauraient être assimilées aux débris de roches potassiques.

Sur l'échantillon n° 1 saturé de potassium et lavé jusqu'à disparition du chlore, nous avons étudié la solubilisation de la potasse sous l'influence de l'ion Ca de divers sels. La concentration correspondait partout à 1^g de CaO pour 30^g de terre. Les dosages ont été effectués après 24 heures d'agitation mécanique en présence de 200^{cm^3} d'eau.

Potasse solubilisée.	CaO.	SO^4Ca.	$CaCl^2$.	$(NO^3)^2Ca$.
Pour 100 de potasse fixée........	57,9	54,5	51,0	51,2

Les divers sels agissent par leur cation; à concentration égale en ions Ca, leur action mobilisante peut être considérée comme identique. Les anions n'interviennent pas dans le phénomène; en particulier l'acide sulfurique équivalent au sulfate de chaux n'a pas libéré d'ions K en l'absence de calcium permettant sa transformation en SO^4Ca (échantillon 3). Il en est de même pour CO^2.

---

(1) Thèse Doct., p. 73.

Quant aux divers engrais calciques comme les scories, les superphosphates, les phosphates précipités, ils ont, dans les mêmes conditions expérimentales, mobilisé une quantité de potasse environ moitié moindre pour un même rapport de chaux totale.

Conclusion. — En résumé l'absorption et la mobilisation de la potasse dans la terre à brique apparaît comme un phénomène en relation avec les colloïdes argileux, régi par les conditions d'échange réciproque des ions Ca et K adsorbés.

ÉCONOMIE RURALE. — *De l'antagonisme entre les drosophiles et les moisissures.* Note de MM. **Edmond Sergent** et **H. Rougebief**, présentée par M. Roux.

Au cours de nos expériences sur la dissémination des levures dans les vignobles (1923-1924), nous avons observé que les moisissures se développaient peu et mal sur les fruits visités par les insectes, tandis que, chez ceux préservés de tout contact d'insectes, elles prenaient une exubérance remarquable.

En 1925, voulant déterminer le rôle des insectes sur les fruits, par rapport aux moisissures, nous avons isolé des plants de vigne au moment de la maturation des raisins (de juillet à novembre).

Un plant A fut recouvert d'une cage à châssis entièrement vitrés : cage A.

Un plant B, d'une cage formée d'un grillage dont les mailles arrêtaient tout insecte [1] : cage B.

Un témoin de A fut constitué en isolant un plant sous une cage vitrée mais munie de nasses permettant d'introduire des drosophiles : cage témoin de A.

Un témoin de B, en isolant un plant sous une cage formée d'un grillage laissant passer les drosophiles [2] : cage témoin de B.

Les cages furent placées sur les plants le 10 juillet. Le raisin commençait alors à peine à mûrir; des germes de moisissures se trouvaient sur tous les grains, mais une faible proportion d'entre eux, 8 pour 100 seulement, étaient porteurs de levures.

---

(1) Ces mailles avaient $0^{mm},6$ d'ouverture.

(2) Ces mailles avaient $1^{mm},6$ d'ouverture.

Du 10 juillet au 26 octobre, en A et B, les raisins mûrirent, préservés de tout contact d'insectes.

Durant ce même temps, sous les cages témoins, les raisins mûrirent, dans des conditions physiques identiques, mais en présence de drosophiles (1).

Les vendanges eurent lieu le 26 octobre.

Nous avons fait alors les constatations suivantes :

1° Dans les deux cages sans drosophiles (la vitrée sans nasses et la grillagée à fines mailles) : absence d'insectes ; odeur de moisi ; moisissures bien développées sur de nombreux grains.

2° Dans les deux cages ayant reçu des drosophiles (la vitrée à nasses et la grillagée à larges mailles) : drosophiles nombreux ; légère odeur de fermentation ; moisissures rares et mal développées.

Des grappes de chacune des cages furent placées en bocaux stériles (2). Ces bocaux furent observés chaque jour du 26 octobre au 16 novembre. Voici les principaux phénomènes remarqués :

a. Dans les bocaux contenant des raisins des serres sans drosophiles : aucune fermentation ne s'est manifestée. Les moisissures ont pris un développement extrêmement important. Aucun drosophile n'est apparu.

b. Dans les bocaux contenant des raisins des serres à drosophiles, des fermentations se sont rapidement produites, les moisissures ont remarquablement régressé ; cette régression a été concomitante du développement des fermentations et proportionnelle à leur intensité. Des drosophiles (adultes, pupes, larves) ont été observés dans la plupart des bocaux (3).

Nous concluons qu'au cours de nos expériences la présence des drosophiles autour des raisins s'est montrée défavorable à leur envahissement par les moisissures.

Les drosophiles agissent directement du fait que leurs larves peuvent se nourrir de moisissures ; ils agissent surtout par les levures qu'ils déposent. Entre levures et moisissures une concurrence vitale semble s'établir. La pullulation des levures dans un milieu gêne les végétations mycéliennes et peut arriver à les supprimer.

---

(1) Drosophiles de nos élevages, introduits expérimentalement dans la cage vitrée à nasses, témoin de A.

Drosophiles évolués dans la nature, entrés librement par les mailles assez larges dans la cage grillagée à larges mailles, témoin de B.

(2) Dix bocaux pour chaque cage.

(3) Dans 15 sur 20. Ces drosophiles se trouvaient dans les grappes au moment où elles furent prises dans les serres et introduites dans les bocaux.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Potentiel d'oxydation-réduction de systèmes oxydants réversibles, et oxydation de molécules organiques par ces systèmes.* Note [1] de M. **Claude Fromageot**, présentée par M. G. Urbain.

Les physiologistes ont reconnu qu'il n'y a pas équivalence entre les différentes molécules organiques oxydables dans l'accomplissement des divers travaux physiologiques. Est-ce dû à une différence de l'oxydabilité de ces molécules? Mais, qu'est-ce que cette oxydabilité même? Est-ce une propriété qui leur est inhérente? Pour comparer entre elles les diverses molécules à ce point de vue, on peut employer des systèmes oxydants réversibles dont la puissance oxydante est mesurée par le potentiel d'oxydation-réduction. J'ai constitué deux groupes de tels systèmes : les uns (Fe, Tl, Ce), ions métalliques à valence variable, tendent à charger l'hydrogène de l'eau, et agissent en définitive en accepteurs d'hydrogène; les autres (ClO^3H, MnO^4H) sont des peroxydes introduisant dans le milieu l'oxygène de leur propre molécule. Cet oxygène peut présenter deux modes d'action : ou bien, il agit sur l'hydrogène de l'eau, et l'on revient au cas précédent (accepteurs d'hydrogène), ou bien il agit en tant qu'oxygène pour s'unir directement à la molécule organique.

Dans de tels systèmes oxydants, j'ai introduit quelques molécules organiques intéressant le métabolisme : acide acétique, aldéhyde acétique, alcool éthylique, glycocolle, acide propionique, aldéhyde propionique, alcool propionique, alanine, acide pyruvique, et j'ai examiné le comportement de ces corps vis-à-vis des systèmes oxydants.

Une étude de ce genre peut répondre successivement à deux ordres de questions :

1° Dans des systèmes différents d'oxydation-réduction, une molécule organique est-elle d'autant plus facilement oxydée, que le potentiel du système est plus élevé?

2° Si, pour un système donné, diverses molécules organiques sont oxydées avec une inégale facilité et se classent ainsi suivant un certain ordre, cet ordre se maintient-il pour les autres systèmes d'oxydation-réduction, quels qu'ils soient?

Un montage permet de mesurer les potentiels des systèmes d'oxydation-réduction étudiés; les expériences sont faites à l'abri de l'air, en solution acide (SO^4H^2 0,05 M.);

---

(1) Séance du 10 mai 1926.

la concentration des oxydants et des molécules organiques est 0,001 M. Les conditions rendent exceptionnelle la formation de complexes entre le corps organique et les ions métalliques; j'ai pu, d'ailleurs, discriminer et par suite éliminer les cas, très rares, où il s'en produit. J'ai suivi les chutes de potentiel du système oxydant en expérience à partir du moment de l'introduction de la substance organique oxydable étudiée.

Si l'on prend comme mesure relative de l'oxydabilité la chute de potentiel après 30 minutes, on constate que :

1° Dans les systèmes oxydo-réducteurs à ions métalliques, les corps organiques étudiés ne sont pas sensiblement oxydés. Seul, l'acide pyruvique se présente comme réducteur. On a, par exemple, dans le cas du système Ce^{++++}/Ce^{+++} :

Nature des molécules introduites.	Δ millivolts après 30 minutes.
Alcool éthylique	0
Aldéhyde acétique	0
Acide pyruvique	>500 en 2 minutes

2° Dans les systèmes oxydo-réducteurs à peroxydes, presque toutes les molécules organiques introduites sont, au contraire, oxydées : c'est ce que montrent les chiffres ci-dessous, donnés par le système ClO^3H/Cl^2 :

Nature des molécules.	Δ millivolts après 30 minutes.
Alcool éthylique	68
Aldéhyde acétique	240
Acide pyruvique	130

3° Pour une même molécule placée dans des milieux oxydants agissant suivant des mécanismes différents, la vitesse de son oxydation ne dépend pas du potentiel d'oxydation de ces oxydants. Soit, par exemple, le cas de l'aldéhyde acétique :

Nature de l'oxydant.	Potentiel correspondant.	Millivolts après 30 minutes.
Ce^{++++}	1,520 v. (¹)	0
ClO^3H	1,051	240

4° Le cas de l'acide pyruvique et des ions métalliques semble montrer que

(¹) Les potentiels sont donnés en valeurs mesurées contre l'électrode à hydrogène normale.

pour une même molécule placée dans des milieux oxydants agissant suivant le même mécanisme, la vitesse d'oxydation est d'autant plus grande que le potentiel d'oxydation du milieu est plus élevé :

Espèce à laquelle appartient l'ion métallique.	Potentiel correspondant.	Millivolts après 30 minutes.
Fe................	0,677 v.	0
Tl................	1,249	35
Ce................	1,520	> 500 en 2 minutes

Il convient de remarquer ici la labilité particulière de l'acide pyruvique, labilité qui fera lieu d'une étude spéciale.

On peut donc conclure que :

1° Le fait qu'une molécule est oxydée ou non dépend beaucoup plus de la nature que du potentiel d'oxydation de l'oxydant qui agit sur elle.

2° L'ordre d'oxydabilité de différentes molécules n'est pas le même vis-à-vis d'oxydants de natures différentes.

EMBRYOGÉNIE. — *Action du glycogène et du blanc de l'œuf de Poule sur les spermatozoïdes de la Grenouille rousse* (Rana fusca). Note de M. **H. Barthélemy**, présentée par M. Henneguy.

La présence de matières protéiques (en particulier de globulines et de vitellines) et de glycogène signalée par Bataillon et Konopacki dans le liquide périvitellin de l'œuf fécondé de Grenouille est-elle la cause de la monospermie normale? Ce qui revient à poser la question suivante : les substances albumineuses ou le glycogène sont-ils nocifs ou même simplement inhibiteurs pour les spermatozoïdes?

Protocole expérimental. — Du sperme resté en contact, pendant des temps variables, dans des mélanges plus ou moins concentrés de blanc d'œuf de Poule ou de glycogène dans l'eau distillée ou dans des solutions de NaCl de 1,25 à 1,66 pour 1000 dans l'eau distillée est utilisé pour féconder des œufs utérins normaux.

Résultats expérimentaux : A. Glycogène. — Les spermatozoïdes laissés 25 minutes en présence d'eau distillée contenant 4,30 pour 100 de glycogène ont conservé leur pouvoir fécondant; tandis que, après ce temps, le sperme à la même dilution dans l'eau distillée donne à peine $\frac{1}{8}$ de segmentations. Des œufs fécondés après 3 heures avec la solution spermatique

glycogénée fournissent encore $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{10}$ de divisions régulières, les spermatozoïdes dans l'eau distillée n'en donnant plus aucune.

Pour les concentrations en glycogène de 2 pour 100, 1 pour 100 et 0,5 pour 100 dans l'eau distillée, les fécondations avec du sperme resté en contact de ces solutions pendant 25 minutes procurent un pourcentage plus élevé de développements que pour les imprégnations avec le sperme laissé le même temps dans l'eau distillée seule. Après 3 heures de mélange on obtient encore quelques segmentations régulières avec les solutions spermatiques glycogénées; le sperme à l'eau distillée pure est devenu inactif.

Au bout de 25 minutes, les liquides spermatiques renfermant 1,25 pour 1000 de NaCl et 3,75 pour 100 de glycogène fécondent normalement tous les œufs; mais après 3 heures la fécondation n'a plus lieu. Les concentrations de 1,66 pour 100 de NaCl avec 2 pour 100, 1 pour 100, 0,5 pour 100 de glycogène conservent au moins 3 heures le pouvoir fécondant des spermatozoïdes.

B. *Le blanc d'œuf de Poule* contient environ 12 pour 100 de substances albumineuses et 6,6 pour 1000 de sels minéraux. Une liqueur spermatique contenant 4,8 pour 100 de substances albumineuses et par suite 2,4 pour 1000 de sels du blanc d'œuf conserve son pouvoir fécondant au moins 4 heures 35, alors que la même dilution en sperme dans l'eau distillée seule ne donne que $\frac{1}{5}$ de segmentations après 25 minutes et aucune au bout de 3 heures.

J'ai utilisé des solutions dans l'eau distillée renfermant de 4,8 pour 100 à 0,08 pour 100 de substances albumineuses dont la teneur correspondante en sels du blanc d'œuf variait de 2,4 pour 1000 à 0,04 pour 1000. Plus la concentration en blanc d'œuf diminue, entraînant l'abaissement du pourcentage en sels, plus la durée de vitalité des spermatozoïdes fléchit et se rapproche de celle des solutions spermatiques dans l'eau distillée seule.

Si les mélanges de sperme et des solutions albumineuses avec leurs sels sont faits dans des solutions de NaCl dans l'eau distillée, l'action du NaCl se surajoute à celle des matières salines du blanc de l'œuf : action activante lorsque la teneur saline totale ne dépasse pas 2,4 pour 1000, effet inhibiteur pour des concentrations plus élevées en sels.

C'est ainsi par exemple qu'un liquide spermatique dans l'eau additionnée de NaCl et renfermant 0,8 pour 100 de substances albumineuses (teneur totale en NaCl et sels divers 1,33 pour 1000) a conservé toute sa vitalité après 4 heures 35 minutes, alors que la même dilution spermatique dans la

même quantité de substances albumineuses dans l'eau distillée (teneur en sels du blanc d'œuf 0,4 pour 1000) donne à peine $\frac{1}{5}$ de segmentations après 3 heures, 10 minutes, et $\frac{1}{8}$ après 4 heures 35 minutes.

Les spermatozoïdes mélangés au blanc d'œuf nature sont immobilisés. Si 1 heure 15 minutes plus tard on ajoute 3 volumes d'eau distillée ou de NaCl à 1,5 pour 1000 dans l'eau distillée, les éléments ♂ sont redevenus actifs.

Conclusions. — 1° Non seulement le glycogène n'exerce pas d'action inhibitrice sur les spermatozoïdes de Grenouille rousse, mais à dose assez élevée (4,30 pour 100) il semble favoriser leur vitalité.

2° Le blanc d'œuf de Poule agit par ses sels. Les solutions concentrées de substances albumineuses entraînant une proportion élevée de matières salines inhibent le sperme qui reprend son activité par addition d'eau, si toutefois l'action paralysante n'a pas été trop prolongée. Jusqu'à la proportion des $\frac{2}{3}$ du volume total, le blanc d'œuf de Poule favorise nettement la vitalité des spermatozoïdes.

3° L'œuf de Grenouille rousse contient 3,31 pour 100 de glycogène (Fauré-Fremiet et Du Vivier de Streel), son $\Delta = -0°,48$ correspondant à 7,55 pour 1000 de NaCl, la contraction très rapide de l'œuf fécondé élimine des substances albumineuses (Bataillon) et du glycogène (Konopacki); il est assez logique d'admettre que le liquide périvitellin a les mêmes pourcentages de ces différentes matières que l'œuf proprement dit. Les substances albumineuses seules paraissant sans action sur les spermatozoïdes, le glycogène étant plutôt favorisant, alors que la teneur élevée en sels de l'œuf est nettement inhibitrice (Barthélémy); la monospermie normale ne peut guère s'expliquer autrement que par la concentration saline du liquide périvitellin.

ZOOLOGIE. — *Une catégorie spéciale de nématocystes commune aux seuls Hydrides, Gymnoblastides et Siphonophores.* Note [1] de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai été amené à reconnaître chez les Hydrides, Gymnoblastides et Siphonophores l'existence d'une catégorie particulière de nématocystes n'existant pas dans les autres groupes de Cœlentérés. Les espèces examinées

---

[1] Séance du 5 mai 1926.

étaient : 1° pour les Hydrides : *Hydra viridis*, *H. grisea*, *H. attenuata;* 2° pour les Gymnoblastides : *Tubularia ceratogyne*, *T. coronata*, *Clava squamata*, *C. multicornis*, *Turritopsis* (*Dendroclava*) sp., *Myriothela cocksi*, *Sarsia* spec., *Hydractinia echinata*, *Vorticlava humilis;* 3° pour les Siphonophores, tous récoltés à Messine : *Forskalia* (*contorta?*), *Diphyes spiralis*, *Abylopsis tetragona*, *Hippopodius neapolitanus*. Tous les examens ont été faits *in vivo;* c'est là une condition presque indispensable.

Les nématocystes en question n'avaient jusqu'ici été trouvés que dans les différentes espèces d'Hydres, où de très nombreux auteurs les ont décrits et desquelles Will (1914) les dit caractéristiques; Schulze (1914, 1917, 1922), étudiant comparativement le cnidome ([1]) des différentes espèces de ce genre, les avait opposés aux pénétrantes et aux deux catégories de glutinantes sous le nom de volventes.

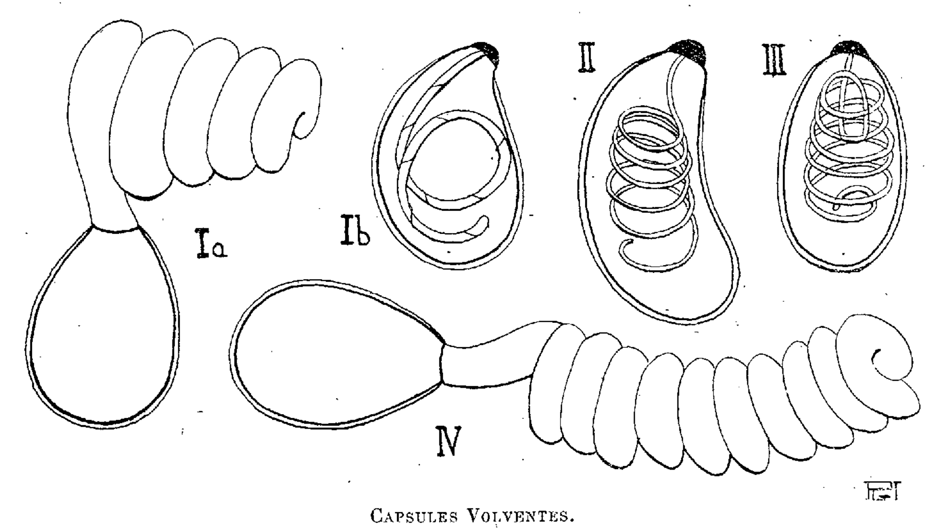
Leur tube en effet, lorsqu'il se dévagine dans des conditions normales, s'enroule toujours en une spire à tours très serrés. Il est toujours isodiamétrique sur toute sa longueur, peu ou pas armé et d'un calibre remarquablement large. Les colorants vitaux (bleu de méthylène, rouge neutre, etc.) en colorent intensément le contenu, et provoquent presque toujours leur dévagination sans pourtant la ralentir comme ils le font dans le cas d'autres nématocystes (Weill 1925); jamais on ne voit le contenu coloré sortir du tube qui paraît fermé à son extrémité (Toppe 1910).

Chez les Hydrides et les Gymnoblastides, le cnidome montre une grande variabilité tant dans la structure de ses constituants que dans le nombre des catégories de nématocystes qui le composent. Seules les volventes s'y présentent avec une uniformité remarquable. Leurs dimensions, variables d'une espèce à l'autre, sont, dans une espèce, toujours inférieures à celles des autres nématocystes; la capsule a une symétrie bilatérale accentuée; le filament, mince, réfringent et présentant de petits épaississements spiralés, s'enroule toujours, en un tour et demi seulement, dans un plan vertical et en commençant par longer la face la plus convexe de la capsule (*fig.* I *a*). Après sa dévagination, qui est toujours totale, il est devenu beaucoup plus large et plus long, et forme une spire serrée de cinq à sept tours, à axe latéral (*fig.* I *b*) ([2]).

([1]) J'emploierai dorénavant le terme de cnidome pour désigner l'ensemble des nématocystes (je n'ai en vue que les autocnides) que présente un animal à un moment donné de son évolution.

([2]) Chez *Hydractinia echinata*, alors que les pénétrantes se trouvent dans toutes les catégories de zoïdes, ne différant de l'une à l'autre que par leurs dimensions, les

Chez les Siphonophores étudiés, l'organe urticant se montre composé d'un bouton urticant prolongé par une bandelette urticante non ramifiée. Le premier renferme deux catégories de nématocystes toujours plus grands que les volventes, la deuxième des nématocystes de deux autres catégories : les volventes, et une quatrième toujours plus petite que la précédente. La



Capsules Volventes.

Fig. I, *a* et *b*. — *Tubularia coronata* (5μ); Fig. II. — *Abylopsis tetragona* (30μ); Fig. III. — *Forskalia contorta* (15μ); Fig. IV. — *Diphyes spiralis* (10μ). Les chiffres indiquent la hauteur de la capsule pour chaque cas. *In vivo.*

symétrie de la capsule est axiale chez *Forskalia contorta* (*fig.* III) et *Hippopodius neapolitanus*, bilatérale dans les deux autres espèces (*fig.* II). Dans toutes, le filament est réfringent et s'enroule en 5 à 6 tours très réguliers autour de l'axe de la capsule, qu'il ne remplit pas. Après sa dévagination, la spire se présente exactement comme chez les Hydrides et les Gymnoblastides, mais elle est beaucoup plus longue et son orientation peut être axiale, latérale ou frontale (*fig.* IV). Du point de vue des volventes, les analogies sont beaucoup plus prononcées à l'intérieur des Siphonophores d'une part, du groupe Hydrides-Gymnoblastides de l'autre, qu'elles ne le sont entre ces deux groupes.

J'ai étudié les Cœlentérés les plus variés : Calyptoblastides (8 espèces),

volventes, qui constituent avec elles tout le cnidome, sont abondantes dans les tentacules des gastrozoïdes, dans les gonozoïdes, sont absentes dans les têtes des blastostyles et très rares dans l'ectoderme des sporosacs *et manquent totalement aux zoïdes spiraux, défenseurs de la colonie.*

Narcoméduses (2), Trachyméduses (2), Sémostomées (4), Rhizostomées (1), Stauroméduses (2), Zoanthides (1), Cérianthides (1), Octanthides (2), Hexactinides (9); jamais je n'y ai trouvé de volventes. Leur présence exclusive dans les Hydrides, les Gymnoblastides et les Siphonophores, étant manifestement sans rapport avec l'éthologie, ne peut être rapportée à un phénomène de convergence. Si des recherches systématiques et plus étendues justifiaient les généralisations que je suis tenté d'admettre dès maintenant, ce fait me paraîtrait l'indice d'une parenté extrêmement étroite entre ces trois groupes, et devoir établir une séparation inattendue entre les Gymnoblastides et les Calyptoblastides en particulier.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la chaleur sur le complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux. — Plus grande sensibilité des micelles phosphatiques.* Note [1] de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

On sait que le lait, porté à une température élevée, coagule mal sous l'action de la présure, quelquefois même pas du tout s'il a été stérilisé, ce qu'on a l'habitude d'attribuer à une précipitation de sels de chaux, sans que toujours l'on cherche bien à préciser, et les conditions dans lesquelles elle s'effectue et la raison de son action.

Puisque la coagulation du lait par la présure dépend du complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux [2], il s'impose d'opérer sur le complexe seul, afin de le dégager des composés variés qui l'entourent dans le lait : albumine, sels solubles (citrates, phosphates, etc.) et qui interviennent pour en modifier les réactions.

Le complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux est fait de l'association de deux édifices colloïdaux salins différents; l'un, purement minéral : phosphate de chaux; l'autre, partiellement organique : caséinate de chaux *qui joue le rôle de colloïde protecteur vis-à-vis du précédent.*

Dans une Note antérieure (*loc. cit.*), nous avons montré que c'est le phosphate de chaux qui est l'élément déterminant de la coagulation du complexe par la présure. Par l'étude de l'action de la chaleur sur ce dernier, nous en apportons une preuve formelle.

De deux colloïdes en présence, il est vraisemblable que le plus fragile, le

---

(1) Séance du 10 mai 1926.

(2) Ch. Porcher, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1534.

plus sensible à l'action de la chaleur, doit être le phosphate de chaux; nous savons, en effet, que le phosphate de chaux gélatineux, sans support colloïde protecteur, est très instable, tandis que le caséinate de chaux de réaction : pH $\leqq$ 7 est stable vis-à-vis de la chaleur.

Nous disposons de deux moyens pour montrer que, dans l'action de la chaleur sur le complexe, ce sont les micelles phosphatiques qui sont particulièrement atteints :

1° *Chauffage d'un caséinate neutre ou voisin de la neutralité, puis chargé, à la température ordinaire, en phosphate calcique.* — Des portions égales d'un caséinate (pH = 7,03) sont chauffées 30 minutes à 40°, à 65°, à 80° et à 100°. Le pH n'est pas altéré par ce chauffage. A ces caséinates, on ajoute mêmes quantités d'eau de chaux que l'on neutralise ensuite par de l'acide phosphorique pour obtenir le même pH (ici : 6,78) tout en réalisant, bien entendu, la charge normale en phosphate calcique. Les temps de prise des complexes ainsi obtenus par la présure à 40° sont sensiblement les mêmes.

Complexes.	Temps de prise.
Témoin	3m 50s
Chauffé 30 minutes à 40°	3.50
» » à 65°	3.45
» » à 80°	3.50
» » à 100°	3.55

Les caillés dans les quatre cas ont la même consistance : ils sont fermes.

On peut conclure de cette expérience que les caséinates neutres ou très voisins de la neutralité, même chauffés à 100° pendant 30 minutes, ne sont pas altérés, et si on les additionne colloïdalement de phosphate de chaux à la température ordinaire, on aboutit nécessairement à des complexes identiques au témoin. Avec les caséinates acides (pH < 7), on obtient, *a fortiori*, les mêmes résultats.

2° *Action de la chaleur sur le complexe acide* (pH < 7) *et recharge en phosphate de chaux neuf.* — Dans une première expérience, un complexe dont le pH est de 6,69 est divisé en portions égales qui sont chauffées 30 minutes à 40°, à 65°, à 80° et à 100°.

Les temps de prise et l'aspect des caillés sont les suivants :

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,69	4ᵐ30ˢ	Ferme
Chauffé 30 minutes à 40°	6,69	4.30	»
» » à 65°	6,69	4.45	»
» » à 80°	6,69	5.05	»
» » à 100°	6,59	10.30	Mou

Le pH n'a subi qu'une petite diminution par le chauffage à 100°.

Une autre expérience nous a donné des résultats analogues, mais encore plus marqués, car nous avons porté le complexe jusqu'à 125°.

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,83	3ᵐ25ˢ	Ferme
Chauffé à 100°	6,69	7.30	Moins ferme que le précédent
» à 125°	6,69		Ne coagule pas

L'altération du complexe, déjà nette à 100°, est telle à 125° que le complexe ne coagule plus.

Si nous rechargeons les complexes ainsi chauffés, avec du phosphate de chaux *neuf*, en nous efforçant d'arriver au même pH et en assurant une charge sensiblement de même importance que la première, *nous allons voir réapparaître la possibilité de coaguler par la présure.*

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,87	2ᵐ	Ferme.
Chauffé à 100°	6,73	4	Assez ferme.
» 125°	6,73	-	Ne coagule pas.
» 100° (rechargé)	6,78	2.10ˢ	Ferme; analogue au caillé témoin.
» 125° (rechargé)	6,78	6.15	Compact, mais un peu moins ferme que celui du témoin.

Ces expériences nous montrent nettement que *la plus grande sensibilité des micelles phosphatiques à la chaleur est la cause essentielle de l'altération du complexe,* de sa mollesse ou de son impossibilité — selon la température à laquelle on l'a porté — à coaguler par la présure.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Variations de la chronaxie dans les lésions de la rétine et du segment rétro-bulbaire du nerf optique.* Note de MM. **Georges Bourguignon** et **Max Courland** et M^{lle} **Renée Déjean**, présentée par M. d'Arsonval.

De nos recherches antérieures sur l'excitation électrique de l'œil normal de l'Homme [1], il résulte que :

1° Le système optique de l'Homme a deux chronaxies [2];

2° La rétine peut être excitée directement (phosphènes locaux) ou indirectement par la papille (phosphènes à distance). A la papille, on excite le neurone multipolaire; dans l'excitation directe, nous supposons que c'est le neurone bipolaire qu'on excite, les cônes et les bâtonnets nous paraissant, *a priori*, peu excitables par l'électricité, et le neurone multipolaire ayant une direction peu favorable à l'excitation par un courant antéro-postérieur. Si cette hypothèse est exacte, les deux neurones sont *isochrones*.

En possession de ces faits, nous sommes passés à l'étude de rétines pathologiques.

I. *Albinos.* — Chez un albinos, qui présentait un scotome central pour les couleurs et une diminution considérable de l'acuité visuelle, nous avons trouvé 4 chronaxies au lieu de 2 : l'excitation de la papille donnait les deux chronaxies normales, tandis que l'excitation locale donnait deux chronaxies augmentées :

	Excitation papillaire (phosph. à distance).		Excitation directe (phosph. local.).		Chronaxies normales.
	Œil droit.	Œil gauche.	Œil droit.	Œil gauche.	
Phosphène périphérique.	$1^\sigma,5$	$1^\sigma,6$	$2^\sigma,4$	$2^\sigma,2$	$1^\sigma,2$ à $1^\sigma,8$
Phosphène central......	$2^\sigma,28$	non cherchée	$3^\sigma,5$	$3^\sigma,8$	$2^\sigma,2$ à 3^σ.

La chronaxie révèle donc l'intégrité du neurone multipolaire et la modification du neurone bipolaire ou des éléments sensoriels (cônes et bâtonnets),

(1) G. Bourguignon et Renée Déjean, *Double chronaxie du système optique de l'Homme* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 169); *Double chronaxie du système optique de l'Homme; Lois d'Hoorweg* (*Soc. de Biol.*, **94**, 1926, p. 750). — G. Bourguignon, M. Courland et Renée Déjean, *Phosphènes locaux et phosphènes à distance. Égalité des chronaxies correspondantes.* (*Soc. de Biol.*, **94**, 1926, p. 753).

(2) Les chronaxies sont exprimées en $\frac{1}{1000}$ de seconde (σ).

ce qui crée un *hétérochronisme* anormal entre les neurones visuels successifs.

Ces expériences, d'autre part, montrent que c'est bien deux neurones différents qu'on excite dans l'excitation papillaire et dans l'excitation locale, comme nous l'avions supposé ; mais nous ne pouvons encore décider si, dans l'excitation locale, on excite les cônes et bâtonnets ou le neurone bipolaire, l'histologie pathologique ne révélant chez les albinos que l'absence de pigment et l'atrophie de l'épithélium pigmentaire. Les expériences suivantes vont nous renseigner sur ce point.

II. *Chorio-rétinite pigmentaire, d'origine syphilitique.* — Dans ce cas, en effet, la lésion est localisée aux *cônes et aux bâtonnets,* qui sont déchiquetés au voisinage de l'épithélium pigmentaire; ces lésions s'accompagnent d'une prolifération abondante du pigment; *il n'y a aucune lésion des neurones bipolaires et multipolaires,* au moins au début. Or, malgré de gros troubles visuels, les chronaxies sont normales dans l'excitation directe comme dans l'excitation papillaire. On peut en conclure que l'excitation électrique n'a mis en jeu que les neurones bipolaires et multipolaires, mais n'a pas agi sur les cônes et les bâtonnets, dont la lésion est la seule cause des troubles visuels. Ces faits légitiment notre hypothèse sur l'absence d'excitation électrique des cônes et bâtonnets à l'état normal.

III. *Amblyopie toxique d'origine alcoolo-tabagique.* — Dans cette affection dont la lésion est inconnue, parce qu'elle est essentiellement curable, et qui, au début, ne se distingue pas de la névrite rétro-bulbaire, nous avons trouvé toutes les chronaxies normales. Il est donc impossible d'admettre une névrite comme on l'a supposé. Nous appuyant sur les faits précédents, nous pensons qu'il s'agit de lésions curables des cônes et des bâtonnets. L'intégrité de la chronaxie, éliminant la névrite rétro-bulbaire, a permis de porter un pronostic favorable dès le début, pronostic que la guérison totale survenue dans la suite a confirmé.

IV. *Névrite rétro-bulbaire.* — Ici l'évolution vers l'atrophie de la papille est la règle. La lésion est, au début, une dégénérescence du faisceau maculaire, qui se propage ensuite aux autres faisceaux.

Dans un cas observé au début, alors que rien, à l'examen ophtalmologique ne permettait de le distinguer d'une amblyopie toxique, nous avons trouvé d'importantes modifications de la chronaxie, plus importantes à gauche où les troubles visuels étaient plus grands qu'à droite :

		Œil droit.	Œil gauche.	Chronaxie normale.
Excitation locale	Phosphène périphérique.	$1^{\sigma},52$	$2^{\sigma},32$	$1^{\sigma},2$ à $1^{\sigma},8$
	Phosphène central......	$17^{\sigma},20$	$23^{\sigma},60$	$2^{\sigma},2$ à $2^{\sigma},$

Nous avons donc affirmé dès le début qu'il s'agissait d'une névrite rétro-bulbaire et non d'une amblyopie toxique et porté un pronostic grave. L'atrophie de la papille, survenue depuis, a confirmé le pronostic.

Conclusions. — De ces observations et expériences, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° L'étude de la chronaxie des rétines pathologiques montre que l'excitation locale est exclusivement celle du neurone bipolaire et que, par suite, à l'état normal, il y a bien *isochronisme* du neurone bipolaire et du neurone multipolaire. La pathologie peut créer un hétérochronisme anormal (cas de l'albinos).

2° L'étude de la chronaxie, rapprochée de l'examen ophtalmologique, permet de localiser la lésion dans l'un ou l'autre de ces deux neurones ou dans les cônes et bâtonnets.

3° Elle permet de distingner dès le début l'amblyopie toxique, curable, de la névrite rétro-bulbaire, de pronostic beaucoup plus grave, et, par suite, de porter dès le début un pronostic exact.

4° L'étude de la chronaxie pathologique de l'œil apporte donc des notions nouvelles très importantes au point de vue de la physiologie normale du système nerveux de l'œil, comme au point de vue du diagnostic et du pronostic des affections de la rétine et du nerf optique.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 25 MAI 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la meule tournante.* Note de **M. L. Lecornu.**

Le problème de l'équilibre d'élasticité d'une meule tournante, soumise à la force centrifuge, est extrêmement difficile; mais j'ai montré jadis (¹) qu'on peut en obtenir une solution approchée en remplaçant la génératrice rectiligne du contour cylindrique par un arc elliptique qui s'en écarte fort peu : dans le cas, par exemple, d'une meule ayant 1^{m} de diamètre et 30^{cm} d'épaisseur, la flèche de cet arc n'atteint pas 5^{mm}.

Cette solution est basée sur le fait que si l'on fait tourner autour de son axe un ellipsoïde de révolution tel que le carré du rapport entre le diamètre équatorial et le diamètre polaire soit, en fonction des coefficients λ et μ de Lamé, $\frac{4\lambda(3\lambda+2\mu)}{(\lambda+2\mu)(7\lambda+6\mu)}$ (rapport peu différent de 0,50 dans l'hypothèse $\lambda=\mu$), les sections planes perpendiculaires à l'axe ne sont soumises à aucune tension, en sorte que la tranche comprise entre deux parallèles quelconques, et notamment entre deux parallèles symétriquement placées de part et d'autre de l'équateur, est individuellement en équilibre d'élasticité.

Mais il s'agissait là d'une meule pleine. En réalité, dans les meules industrielles, il y a un trou central destiné au passage de l'arbre. Je vais montrer comment on peut tenir compte de cette circonstance. Rappelons d'abord les formules concernant la meule pleine.

(¹) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 96.

Soient r, z les distances initiales d'un point quelconque à l'axe et à l'équateur; soient ε, w les petites variations éprouvées par r et z du fait de la déformation. Appelons θ la dilatation cubique égale à $\frac{\partial\varepsilon}{\partial r}+\frac{\varepsilon}{r}+\frac{\partial w}{\partial z}$ et φ la fonction $\frac{\partial w}{\partial r}-\frac{\partial\varepsilon}{\partial z}$. Désignons enfin par ρ la densité, par ω la vitesse de rotation et par $8m$ le produit $\rho\omega^2$. Les équations indéfinies de l'équilibre d'élasticité sont :

$$(\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial r}-\mu\frac{\partial\varphi}{\partial z}+8mr=0,$$

$$(\lambda+2\mu)\frac{\partial\theta}{\partial z}+\mu\left(\frac{\varphi}{r}+\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right)=0.$$

En appelant k une constante arbitraire, ces équations sont vérifiées si l'on pose

$$(\lambda+\mu)\,\varepsilon=kr-\frac{\lambda+2\mu}{4\mu}mr^3-\frac{\lambda}{\mu}mrz^2,$$

$$(\lambda+\mu)\,w=-\frac{2\lambda}{\lambda+2\mu}kz+\frac{\lambda}{\mu}mr^2z+\frac{2\lambda^2}{3\mu(\lambda+2\mu)}mz^3.$$

Les tensions sont, avec les notations usuelles, données par les formules

$$(\lambda+\mu)N_1=\frac{2\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}k-\frac{7\lambda+6\mu}{2}mr^2-\frac{2\lambda(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}mz^2,$$

$$(\lambda+\mu)N_2=\frac{2\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}k-\frac{5\lambda+2\mu}{2}mr^2-\frac{2\lambda(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}mz^2,$$

$$N_3=0,\qquad T_1=T_2=T_3=0.$$

La tension normale n et la tension tangentielle t qui s'exercent sur un élément superficiel, perpendiculaire au méridien, dont la normale fait un angle i avec l'équateur, ont pour valeurs

$$n=N_1\cos^2 i,\qquad t=N_1\sin i\cos i.$$

La surface $N_1=0$ peut donc jouer le rôle de surface libre : c'est l'ellipsoïde mentionné plus haut. On vérifie en outre, en faisant $i=\frac{\pi}{2}$, l'absence de tensions sur les sections normales à l'axe. Si l'on désigne par R le rayon équatorial de l'ellipsoïde, la constante k doit être choisie de façon à annuler N_1 pour $r=R$ et $z=0$. Il vient ainsi :

$$(\lambda+\mu)\,N_1=\frac{7\lambda+6\mu}{2}m(R^2-r^2)-\frac{2\lambda(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}mz^2,$$

$$(\lambda+\mu)\,N_2=(\lambda+\mu)\,N_1+(\lambda+2\mu)mr^2.$$

Changeons maintenant ε en $\varepsilon + \frac{mc}{2\mu r}$, c désignant une autre constante. La dilatation cubique θ n'est pas modifiée; N_1 et N_2 éprouvent respectivement les variations $-\frac{mc}{r^2}$ et $+\frac{mc}{r^2}$. Les autres tensions demeurent nulles. La nouvelle équation de la surface libre est

$$\frac{7\lambda + 6\mu}{2}(R^2 - r^2) - \frac{2\lambda(z\lambda + 2\mu)}{\lambda + 2\mu} z^2 = (\lambda + \mu)\frac{c}{r^2}.$$

Pour $c = 0$ la méridienne se décompose en deux lignes qui sont : l'ellipse primitive et l'axe des z. En attribuant à c une très petite valeur, on obtient, par raison de continuité, une courbe du quatrième degré s'écartant peu de l'ellipse, sauf au voisinage de l'axe, où elle est sensiblement représentée par deux droites parallèles à cet axe. La surface libre devient, approximativement, un ellipsoïde de révolution avec trou central à peu près cylindrique. Considérons alors, comme précédemment une tranche limitée à deux sections planes parallèles à l'équateur et symétriques par rapport à lui : nous parvenons à l'état d'équilibre de la meule perforée.

Soit r_0 le rayon équatorial du trou. On a

$$\frac{c}{r_0^2} = \frac{7\lambda + 6\mu}{2(\lambda + \mu)}(R^2 - r_0^2).$$

Pour $r = r_0$, N_1 s'annule sur l'équateur, tandis que N_2 éprouve l'augmentation $\frac{mc}{r_0^2}$. En remplaçant m par $\frac{1}{8}\rho\omega^2$ on trouve, pour nouvelle valeur de N_2 :

$$N_2 = \frac{\rho\omega^2 R^2}{8}\left[\frac{7\lambda + 6\mu}{\lambda + \mu} - \frac{6\lambda + 4\mu}{\lambda + \mu}\frac{r_0^2}{R^2}\right].$$

Telle est la traction qui tend à rompre la meule par fissuration méridienne partant de la paroi du trou central. Cette formule n'étant valable que si le rayon r_0 est petit vis-à-vis de R, on peut dans la parenthèse négliger le second terme qui correspond d'ailleurs à une diminution de fatigue. Le danger de rupture est proportionnel au carré de la vitesse périphérique $V = \omega R$ de la meule. En admettant l'égalité des coefficients de Lamé, on aboutit à la formule simple :

$$N_2 = 0,8.\rho V^2.$$

Avec une meule non perforée, l'effort maximum, qui serait alors atteint au centre, aurait une valeur deux fois moindre. On sait d'autre part que, dans le cas d'une jante de volant, N_2 a sensiblement pour expression ρV^2.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les formations cellulaires contenues dans le cytoplasme des Péronosporées.* Note (¹) de MM. **P.-A. Dangeard** et **Kin Chou Tsang**.

La famille des Péronosporées a donné lieu à d'importants travaux en ce qui concerne la façon dont se comportent les noyaux au moment de la fécondation et le mémoire de Stevens fait autorité à cet égard (²).

Mais le cytoplasme de ces champignons parasites renferme, à côté des noyaux, d'autres éléments dont l'étude a été complètement négligée jusqu'ici et qui appartiennent à deux formations que l'un de nous a désignées sous le nom de *cytome* et de *vacuome* (³).

Le *cytome* existe d'une manière générale dans les cellules de toutes les plantes : il est constitué par des éléments chromatiques, les *cytosomes* désignés aussi sous le nom de chondriosomes qui sont dispersés en plus ou moins grand nombre dans le cytoplasme, en compagnie des plastes : chez les Champignons, ou du moins dans la plupart d'entre eux, les plastes manquent, ce qui simplifie l'étude histologique des tissus mycéliens.

A. *Les cytosomes dans le mycélium.* — Les diverses espèces de *Cystopus*, *C. candidus*, *C. Tragopogonis*, *C. Portulacæ* montrent de nombreux cytosomes dans leurs filaments mycéliens, ils sont sphériques, relativement gros et fortement chromatiques ; si le cytoplasme forme un réseau, ce qui est le cas ordinaire, ces sphérules sont situées dans les mailles, isolées ou réunies en chaînettes; quand le cytoplasme est dense, les cytosomes peuvent être rassemblés en amas irréguliers.

Tous ces éléments chromatiques se retrouvent chez les autres Péronosporées, telles que *Plasmopara viticola, Bremia Lactucæ* et les espèces du genre *Peronospora*, ils sont en général un peu plus petits, semble-t-il, que dans les *Cystopus*.

La forme sphérique est la forme normale et lorsqu'on rencontre des aspects en bâtonnets courts, celle-ci représente soit un stade de division,

---

(¹) Séance du 17 mai 1926.

(²) Stevens, *Gametogenesis and Fertilisation in* Albugo (*Bot. Gaz.*, 22, 1901, p. 77).

(³) P.-A. Dangeard, *La nouvelle terminologie des éléments cellulaires* (*Le Botaniste*, 16ᵉ série, 1926, p. 16-22).

soit une simple déformation; parfois la chromatine a disparu et, des cytosomes, il ne reste plus qu'une enveloppe mince limitant la sphère.

B. *Les cytosomes dans la reproduction asexuelle.* — La reproduction

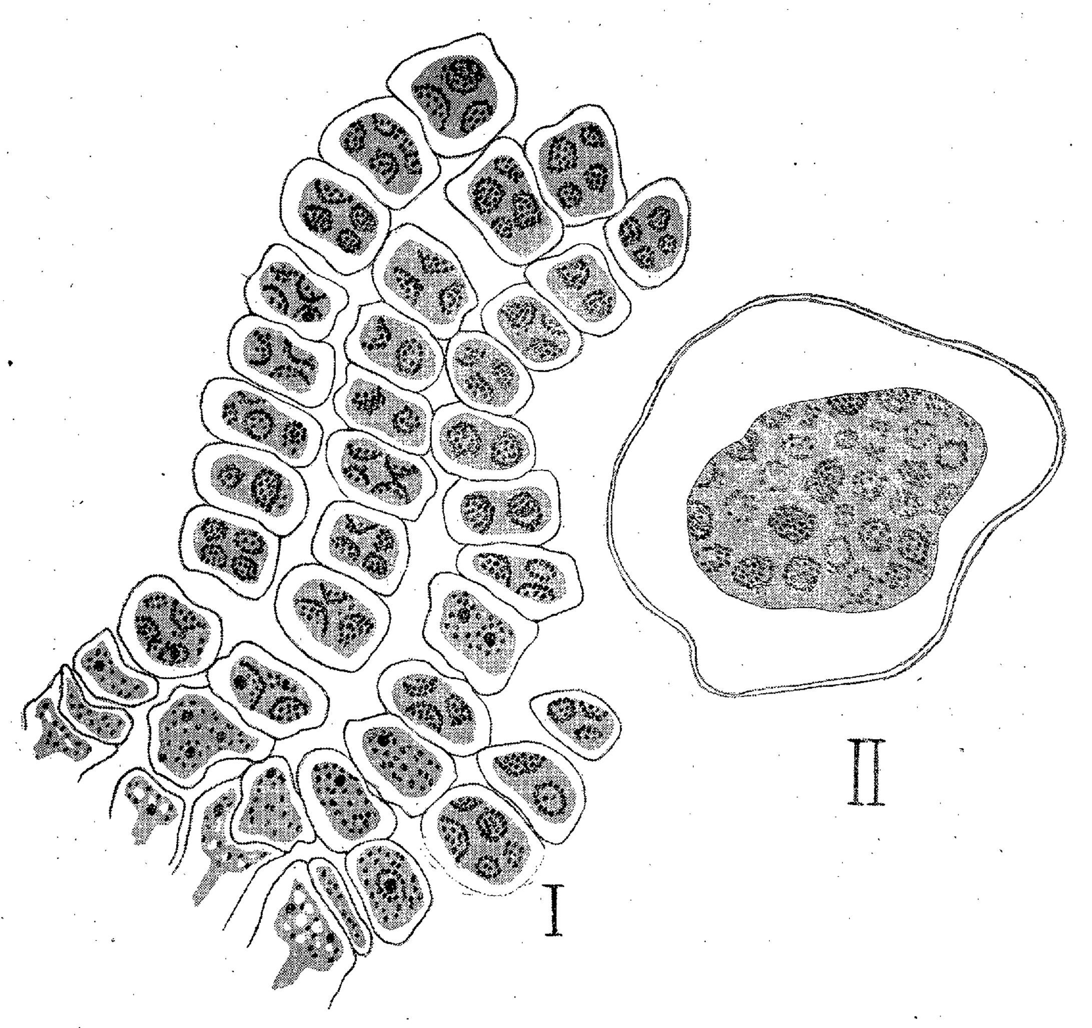


Fig. I. — *Cystopus Tragopogonis.* Formation des conidies. — Fig. II. — Germination d'une oospore qui s'est débarrassée de sa coque.

asexuelle des Péronosporées se fait au moyen de nombreuses conidies, fournies par des conidiophores en bouquet, émergeant par les stomates à la face inférieure des feuilles (*Plasmopara*, *Peronospora*, *Phytophthora*, etc.), ou produites en chaînettes par des conidiophores courts, serrés les uns contre les autres (*Cystopus*).

Ces conidies renferment de nombreux cytosomes dans un cytoplasme dense creusé de petites vacuoles : leur forme est toujours sphérique.

Si la conidie est destinée à fournir un filament germinatif, la disposition des cytosomes reste quelconque; si, au contraire, cette conidie doit former des zoospores, comme chez les *Cystopus*, on observe un groupement très caractéristique des sphérules chromatiques; les cytosomes se disposent en cercle très régulièrement autour de chaque noyau, au nombre d'une vingtaine ou davantage; il se produit ainsi une répartition des cytosomes de la conidie entre toutes les zoospores : cette disposition se retrouve dans les zoospores devenues libres et elle ne se modifie guère qu'au moment de leur germination en filament.

On peut donc affirmer que, dans la reproduction asexuelle, les cytosomes sont transmis aux zoospores par le mycélium, au même titre que les noyaux; leur ensemble constitue, dans chaque zoospore, une forte réserve de chromatine.

C. *Les cytosomes dans la reproduction sexuelle.* — La reproduction sexuelle des Péronosporées se fait au moyen de renflements ayant la valeur de gamétanges; le gamétange femelle porte le nom d'oogone et le gamétange mâle est désigné sous le nom d'anthéridie; cette anthéridie vient s'appliquer sur la paroi de l'oogone et, à un moment donné, elle déverse son contenu à l'intérieur de l'oogone.

Le jeune oogone renferme un cytoplasme à grandes vacuoles arrondies; les cytosomes y sont très apparents et assez peu nombreux tout d'abord. Plus tard, l'oogone a augmenté considérablement de volume et son cytoplasme est devenu réticulé, à mailles assez larges; alors que sur une section, le nombre des noyaux est de 20 à 30, celui des cytosomes situés dans les mailles du réseau est de plusieurs centaines.

Lorsque la fixation est bonne, on distingue facilement les cytosomes exclusivement situés dans le cytoplasme et qui ont tous la même grosseur, des corpuscules métachromatiques ou endochromidies existant à l'intérieur des vacuoles; parmi ces endochromidies, il en est qui dépassent la grosseur des noyaux.

A ce moment, l'anthéridie, plus ou moins renflée, est ordinairement visible sur l'un des côtés de l'oogone, s'appliquant exactement sur la membrane de celui-ci. Dans cette anthéridie, on compte sur une section de 25 à 50 cytosomes ou davantage.

Dans le *Cystopsus Portulacæ* que nous avons ici choisi comme exemple, il apparaît dans l'oogone, au contact de l'anthéridie, une sorte de formation chromatique qui a reçu le nom de papille réceptive : c'est à cet endroit que

se formera le canal par lequel le contenu de l'anthéridie passera dans l'oogone pour se mélanger au contenu de l'oosphère.

Dans ce mélange, qui représente l'acte fécondateur, l'anthéridie apporte, outre ses noyaux qui se fusionneront par couples avec ceux de l'oosphère, la plupart des cytosomes qu'elle contenait.

Il en résulte *que l'œuf qui donnera naissance à de nouvelles générations contient, à côté de très nombreux cytosomes d'origine femelle, un certain* nombre *de cytosomes d'origine mâle*.

Lors de la différenciation de l'oosphère qui précède l'acte fécondateur, on observe un partage des cytosomes de l'oogone entre le périplasme et l'ooplasme : dans le périplasme, la structure reste largement réticulaire et les cytosomes, faciles à mettre en évidence, vont y rester apparents très longtemps; dans la jeune oosphère, au contraire, le cytoplasme s'organise en un très fin réticulum : les cytosomes y sont plus petits que dans le périplasme ; ils ont parfois l'aspect de bâtonnets, ce qui pourrait laisser supposer l'existence d'une division à ce stade : on les distingue parfois très difficilement des précipitations très fines de la métachromatine du vacuome.

L'œuf ne tarde pas à se recouvrir d'une double membrane, endospore incolore et exospore verruqueuse colorée en brun jaunâtre : on retrouve à l'intérieur de cet œuf les nombreux cytosomes vus précédemment; mais ils sont maintenant dans un cytoplasme dense et mélangés avec de gros corpuscules métachromatiques : ces endochromidies sont produites par la déshydratation qui accompagne la formation de l'œuf ; elles rappellent les grains d'aleurone existant dans les graines chez les Phanérogames ; elles seront, comme les grains d'aleurone, l'origine du système vacuolaire lors de la germination [1].

La germination de l'œuf a été observée dans le *Cystopus Tragopogonis* où il se produit une formation de zoospores; sauf les dimensions, l'aspect est identique à celui que nous a présenté la germination des conidies : les cytosomes très gros et très chromatiques se groupent autour de chaque noyau destiné à une zoospore; pour que cette répartition soit aussi régulière, il faut évidemment que ces éléments jouent un rôle actif et nécessaire dans la cellule.

---

(1) Pierre Dangeard, *Recherches de Biologie cellulaire. Évolution du système vacuolaire chez les végétaux* (*Le Botaniste*, 15e série, juin 1923, p. 1-256).

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri-Victor Riehl** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 mai 1926 et enregistré sous le n° 9681.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Phénomènes d'aspiration et de compression produits par les surfaces rapprochées.*

(Renvoi à l'examen de M. A. Rateau.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Stanislas Millot. *Traité de Voilure.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Conditions techniques du* Bureau Veritas *pour le matériel non destiné aux constructions navales.* (Présenté par M. L. Guillet.)

3° Remy Perrier. *La Faune de la France illustrée :* III. *Myriapodes;* IV. *Hémiptères;* X. *Vertébrés.* (Présenté par M. E. Bouvier.)

4° Le premier fascicule des *Annales de l'Office national des Combustibles liquides.* (Présenté par M. L. Breton.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les variétés algébriques à trois dimensions dont les genres satisfont à l'inégalité*

$$(1) \qquad P_g \leqq 3(p_g - p_a - 3).$$

Note de M. **Alfred Rosenblatt**.

Dans une Note des *Comptes rendus* du 14 septembre 1925 nous avons étudié les variétés à trois dimensions satisfaisant à l'inégalité (1) et possédant un faisceau $\{F\}$ de genre 2 de surfaces. On peut aussi étudier le cas d'un faisceau de genre $\geqq 2$ quelconque.

1. Soient $t+1$ ce genre et u_i les intégrales de première espèce de M. Picard appartenant au faisceau. Soient φ_i les courbes adjointes de la courbe f image de $|F|$. Nous les choisirons de la manière suivante. Étant donné un groupe g_{t+1} général de $t+1$ points P_h $(h=0, \ldots, t)$, la courbe φ_i passe par tous ces points excepté le point P_i.

2. Nous avons les équations de complexes linéaires

$$(1) \qquad \sum_{\substack{0 \leqq i \leqq t \\ r \geqq j,\, k \geqq t+1}} a^{\nu}_{ijk} X_{ijk} = 0 \qquad (\nu = 1, \ldots, \delta),$$

$$(2) \qquad \delta \geqq \binom{r-t}{2}(t+1) - 3(r-2) = p.$$

Choisissant comme variable indépendante x_0 la variable ξ, qui définit les points de la courbe f, nous avons le système d'équations

$$(3) \qquad \sum_{,\, k \leqq t+1}^{r} \frac{D(u_j, u_k)}{D(x_1, x_2)} \sum_{i=0}^{t} a^{\nu}_{ijk} \varphi_i(\xi, \eta) = 0,$$

de matrice

$$(4) \qquad M^{x} = \left| \sum_{i=0}^{t} a^{\nu}_{i\ j} \varphi_i \right|.$$

Cette matrice devient égale aux points P_i aux matrices

$$(5) \qquad M_i = |a^{\nu}_{ijk}|$$

dont est composée la matrice M des équations (1). Donc au moins un mineur de la matrice M^x d'ordre k n'est pas identiquement nul le long de f, k étant égal à $\frac{p}{t+1}$ si ce nombre est entier et à $\left[\frac{p}{t+1}\right]+1$, si $\frac{p}{t+1}$ n'est pas entier.

2. Supposons

$$(6) \qquad r - t \geqq 4,$$

p est positif. L'inégalité

$$(7) \qquad k \geqq \binom{r-t}{2} - 2(r-t-2)$$

sera remplie si l'on a

$$(8) \qquad r - t \geqq 3 + \frac{t+1}{2t-1},$$

et en cas de $\frac{3(r-2)}{t+1}$ non entier, si l'on a

$$r - t \geqq 3 + \frac{t}{2t-1}. \tag{9}$$

Il s'ensuit que l'inégalité (7) est satisfaite, si l'inégalité (6) est satisfaite.

Si l'inégalité (6) est satisfaite, une surface F contient un faisceau irrationnel $\{C\}$ de courbes algébriques. On parvient ainsi (cf. ma Note citée) au théorème suivant :

Théorème. — *Si la* V_3 *possède un faisceau* $\{F\}$ *de genre* $t+1$ *de surfaces et si l'inégalité* (6) *est satisfaite, elle possède en outre :*

1° *Une congruence* $\{C\}$ *de courbes d'irrégularité* $r+1 = pg - pa$ *dont sont composées les* F ;

2° *Ou une congruence* $\{C\}$ *d'irrégularité* r *et un faisceau* $\{\Phi\}$ *elliptique de surfaces, donc une autre congruence* $\{\Gamma\}$ *d'irrégularité* $t+2$ *dont sont composées les* F *et les* Φ ;

3° *Ou une congruence* $\{C\}$ *d'irrégularité* $r-1$ *dont sont composées les* F *et une autre* $\{\Gamma\}$ *d'irrégularité* $t+3$ *dont sont composées les* F, *ce cas étant exclu en cas de signe d'inégalité dans* (2) *ou dans* (6).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions q-harmoniques dans l'hyperespace.* Note [1] de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

M. Virgilio Giulotto a montré [2] que les polynomes dont la fonction génératrice est

$$(1 - 2\alpha x + \alpha^2)^{\frac{2q-3}{2}}$$

sont, sur la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = 1$, des fonctions q-harmoniques, c'est-à-dire vérifiant l'équation de Laplace généralisée

$$\Delta^q f = 0,$$

étant entendu que l'on pose

$$\Delta^1 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2},$$
$$\Delta^2 f = \Delta^1[\Delta^1 f],$$
$$\dots\dots\dots\dots$$

(1) Séance du 17 mai 1926.

(2) *Rendic. Circolo Mat. Palermo*, **17**, 1903, p. 1-43.

On peut étudier de la même manière le problème analogue dans l'hyperespace à $n+2$ dimensions.

1. Théorème. — *Si une fonction f est q-harmonique, homogène et de degré m par rapport aux $n+2$ variables $x_1, x_2, \ldots, x_{n+2}$, vérifiant par conséquent l'équation $\Delta^q f = 0$ à $n+2$ variables, la fonction*

$$F = r^{-(2m+n-2q+2)} f,$$

où $r = (x_1^2 + \ldots + x_{n+2}^2)^{\frac{1}{2}}$, jouit des mêmes propriétés.

On démontrera cette proposition en formant $\Delta^q F$ où $F = r^p f$. On trouve

$$\Delta^q F = r^p \Delta^q f + \sum_{k=1}^{k=q} A_k r^{p-2k} \Delta^{q-k} f,$$

tous les coefficients A_k contenant en facteur le terme $p + 2m + n - 2q + 2$. Si l'on fait dès lors $p = -(2m + n - 2q + 2)$, on a $\Delta^q F = r^p \Delta^q f$, et le théorème est démontré.

2. On en conclut que les fonctions

$$\Phi = r^{2m+n-2q+2+2(m_1+m_2+\ldots+m_{n+2})} \frac{\partial^{m_1+\ldots+m_{n+2}} F}{\partial x_1^{m_1} \partial x_2^{m_2} \ldots \partial x_{n+2}^{m_{n+2}}}$$

sont des polynomes q-harmoniques en $x_1 \ldots x_{n+2}$. En particulier, pour $m = 0$, on aura

$$F = r^{2q-n+2}$$

et

$$\Phi = r^{2(m_1+\ldots+m_{n+2})+n-2q+2} \frac{\partial^{m_1+\ldots+m_{n+2}} r^{2q-n-2}}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_{n+2}^{m_{n+2}}}.$$

Supposons alors les variables liées par l'équation de l'hypersphère

$$(1) \qquad x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{n+2}^2 = 1,$$

posons

$$(2) \qquad x_{n+1}^2 + x_{n+2}^2 = y^2,$$

et faisons $m_{n+1} = m_{n+2} = 0$. Le polynome en $x_1 \ldots x_n$,

$$\Phi = \frac{\partial^{m_1+\ldots+m_n}}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_n^{m_n}} (y^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2)^{\frac{2q-n-2}{2}},$$

où l'on tiendra compte des relations (1) et (2), sera q-harmonique sur l'hypersphère.

Changeons x_1 en $x_1 - a_1$, x_2 en $x_2 - a_2$, ..., nous aurons

$$\Phi = \frac{\partial^{m_1+\ldots+m_n}}{\partial x_1^{m_1}\ldots\partial x_n^{m_n}}(1 - 2a_1x_1 - 2a_2x_2 - \ldots + a_1^2 + a_2^2 + \ldots)^{\frac{2q-n-2}{2}}.$$

Les polynomes Φ naissent donc du développement en série de l'expression

$$(1 - 2a_1x_1 - \ldots - 2a_nx_n + a_1^2 + \ldots + a_n^2)^{\frac{2q-n-2}{2}}.$$

Ces fonctions, qui généralisent les polynomes d'Hermite et de Didon, ont été étudiées par M. Angelesco dans sa Thèse, où il désigne par

$$V^{(s)}_{m_1,\ldots,m_n} \quad (x_1, \ldots, x_n),$$

les polynomes ayant pour fonction génératrice

$$(1 - 2a_1x_1 - \ldots - 2a_nx_n + a_1^2 + \ldots + a_n^2)^{-\frac{n+s-1}{2}}.$$

Ce sont donc les polynomes

$$V^{(3-2q)}_{m_1,\ldots,m_n} \quad (x_1, \ldots, x_n)$$

que nous rattachons, par ce qui précède, aux fonctions q-harmoniques sur l'hypersphère dans l'espace à $n+2$ dimensions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une Note* (¹) *de M. Lainé.*
Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. Goursat.

L'objection que fait M. Lainé aux conclusions du premier Chapitre de ma Thèse est entièrement fondée, mais je me permets de faire remarquer que j'ai indiqué moi-même comment elle peut être levée de manière qu'elle n'infirme plus l'inexistence d'équations $s=f$ de la première classe, hors les cas qu'a signalés M. Goursat et ceux que j'ai découverts.

Dans mon fascicule du *Mémorial des Sciences mathématiques*, au lieu de me borner à reproduire les conclusions de ma Thèse, je m'exprime ainsi : « [Pour les équations $s=f$], on connaît un invariant x ou y pour chacun des systèmes X ou Y. Il suffit d'en connaître un autre pour que la méthode de Darboux soit applicable.... J'ai démontré, au premier Chapitre de ma Thèse, qu'on est ramené aux formes [de M. Goursat], si l'on suppose qu'il existe un invariant d'ordre 2 pour un seul système de caractéristiques » (page 30).

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1127.

Je ne dis donc plus, comme le prétend M. Lainé, que je ne fais aucune hypothèse sur le système Y; je dis explicitement qu'il s'agit d'appliquer la méthode de Darboux, qui exige la connaissance d'un invariant X et d'un invariant Y.

Ce que j'affirme là est donc clair : s'il y a un invariant X d'ordre 2 et si l'équation est intégrable par la méthode de Darboux, c'est-à-dire si elle admet un invariant Y d'ordre quelconque, elle se réduit à une équation de M. Goursat.

A la vérité, de même que j'ai jugé inutile de publier bien des calculs complémentaires de ma Thèse, qui peuvent s'achever aussi facilement que celui que signale M. Lainé, je n'ai jamais donné la démonstration du résultat précédent pour les équations E_2. La fin de la Note de M. Lainé, où celui-ci ne parle que de l'équation E_1, me fait penser qu'il en a vu la raison : les conditions de M. Gau montrent immédiatement que E_2 n'est jamais de la première classe.

Mais l'équation E_1, entre, comme cas particulier, dans celles que j'ai étudiées dans mon article des *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* (1925). J'y montre comment on peut résoudre le problème de Darboux pour les équations

$$\text{(E)} \qquad s = pq\left[l(y, z)q^{\frac{1}{n-1}} + l_1(y, z) + \mu(x, z)\right]$$

(fin du n° 10 et n° 11). Comme l'a constaté M. Lainé, les conditions de M. Gau ne suffisent plus à décider si ces équations sont de la première classe. Mais j'indique, à leur propos une méthode — que j'ai depuis étendue aux équations du deuxième ordre les plus générales — et qui permet de remplacer les conditions de M. Gau par des conditions nécessaires d'ordre supérieur. Les équations E ne peuvent jamais satisfaire à ces conditions. La question que M. Lainé considère à la fin de sa Note comme encore pendante est donc résolue entièrement dans le Mémoire cité.

En conséquence — et jusqu'à critique mieux fondée — je crois que *mon fascicule du Mémorial ne contient rien que d'exact et de démontré.*

Il reste d'ailleurs que la Note de M. Lainé apporte un résultat nouveau : elle constitue un commencement de solution — dans le cas, à la vérité, le plus aisé — pour un problème que j'ai signalé comme se posant encore (*Mémorial*, p. 40, l. 7 et 8).

Observations sur la Note précédente, par M. **Goursat**.

Je voudrais préciser en quelques mots l'objet de la réclamation de M. Gosse, qui peut paraître un peu confuse aux lecteurs non avertis. Les résultats énoncés par M. Lainé sont exacts et ne sont nullement en contradiction avec les résultats démontrés auparavant par M. Gosse. Le seul tort de M. Lainé est d'avoir émis quelques doutes sur la généralité des résultats de M. Gosse.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes sans valeurs asymptotiques*. Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

M. Milloux a complété dans sa Thèse [1] les résultats de M. Julia concernant les fonctions méromorphes $F(z)$ possédant une valeur asymptotique. Il montre qu'il existe une suite infinie de cercles de remplissage C_n tels que : 1° z_n étant le centre de C_n et r_n son rayon, $|z_n|$ et $|z_n| : r_n$ croissent indéfiniment avec n; 2° $F(z)$ prend dans C_n toute valeur sauf, au plus, des valeurs dont les points représentatifs, sur la sphère de rayon $|1|$, peuvent être enfermés dans deux cercles dont les rayons tendent vers zéro avec $\frac{1}{n}$. Je me propose de montrer que les cercles de remplissage existent pour toutes les fonctions méromorphes d'ordre non nul et pour certaines fonctions d'ordre nul.

Si $g(z)$ est une fonction holomorphe pour $|z| < 1$, ne prenant pas les valeurs 0 et 1, on a

$$(1) \qquad |g(z)| < [A|g(0)| + A']^{\frac{1+r}{1-r}} \qquad (r = |z| < 1),$$

A et A′ étant deux constantes absolues. C'est une conséquence d'une inégalité obtenue par M. Landau à partir de la fonction modulaire [2]. Soit

---

(1) *Journal de Math.*, 9e série, 3, 1924, p. 305-401.

(2) On peut obtenir une formule jouant dans ce qui suit le même rôle que (1) en partant d'une forme quelconque du théorème de M. Schottky lorsque $|g(0)| \leq 1$, puis en utilisant le théorème de Jensen, à la façon de M. Nevanlinna, pour avoir une inégalité relative à $|g(0)| > 1$.

$f(z)$ une fonction méromorphe pour $|z| < 1$, holomorphe à l'origine, *ne prenant pas trois valeurs a, b, c dont les points représentatifs, sur la sphère de rayon 1 forment un triangle de côtés supérieurs à* $\delta\left(\delta < \frac{1}{2}\right)$. En appliquant la formule (1) à la fonction

$$\frac{f-a}{f-b}\,\frac{c-b}{c-a},$$

on obtient l'inégalité

$$T(r) < \overset{+}{\log}|f(0)| + \frac{1}{1-r}\left(B + C\log\frac{1}{\delta}\right). \tag{2}$$

où $T(r)$ désigne l'indicatrice de M. R. Nevanlinna ([1]) et où B et C sont des constantes absolues. Cette inégalité (2) donne à la fois une limitation du nombre des pôles de $f(z)$ dans un cercle $|z| < r$ et une limitation du module de $f(z)$ en certains points : sur tout arc de longueur $\frac{1}{3}\pi r$ de la circonférence $|z| = r$ il y a un point au moins en lequel $\log|f(z)|$ est inférieur à six fois la valeur du second membre de (2).

Considérons alors une fonction $F(z)$ *méromorphe pour* $|z| > R_0$, *sauf à l'infini qui est point essentiel, et supposons qu'il existe dans la couronne*

$$R_0 < R < |z| < kR \tag{3}$$

un point z en lequel $|F(z_0)| < D$. Faisons l'hypothèse que, dans le cercle de centre z_0 et rayon $\eta R(\eta < 1)$, $F(z)$ ne prenne pas trois valeurs exceptionnelles jouissant de la propriété indiquée ci-dessus. La formule (2) donne une limitation de $|F(z)|$ en des points de la circonférence

$$|z - z_0| = \frac{1}{2}R\eta.$$

Si l'on fait la même hypothèse dans les cercles de rayon $R\eta$ ayant pour centre ces points, on limite $|F(z)|$ en de nouveaux points et ainsi de suite. Au bout de $\frac{E}{\eta}$ opérations, la couronne (3) est couverte par $\frac{G}{\eta^2}$ cercles de rayon $\frac{1}{2}R\eta$. Dans chacun de ces cercles le nombre des pôles est borné par une expression déduite de (2). On a ces deux possibilités :

1° $F(z)$ *possède moins de*

$$\frac{\alpha}{\eta^2}e^{\frac{\beta}{\eta}}\log\frac{1}{\delta}$$

pôles dans la couronne (3), α *et* β *ne dépendant que de* k *et* D.

([1]) *Zur Theorie der meromorphen Funktionen* (*Acta math.*, 46, 1925, p. 1-99).

2° *Il existe un cercle de rayon* ηR, *dont le centre appartient à* (3), *dans lequel* F(z) *prend toutes les valeurs sauf celles dont le point représentatif sur la sphère de rayon* 1 *est intérieur à l'un ou l'autre de deux cercles de rayon* δ.

Il suffit que le nombre des pôles soit très grand dans (3) pour que le cercle de remplissage existe. C'est ce qui a lieu dans ces deux cas :

I. F(z) est d'ordre positif. En changeant F(z) en $\frac{1}{F(z)-a}$, a étant convenablement choisi, on montre qu'il existe une suite infinie de couronnes (3) dans lesquelles la nouvelle fonction prend l'une des valeurs 0, 1, 2, et a au moins $\frac{1}{2\log k}$ T(R) pôles, T(r) étant la fonction caractéristique de F(z) [1]. ε étant positif et fixe, il existe un cercle de remplissage correspondant aux couronnes de rang assez élevé et tel que

$$\eta = \frac{(1+\varepsilon)\beta}{\log T(R)}, \qquad \delta = T(R).$$

II. F(z) est d'ordre nul, mais telle que

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{(\log r)^2} = \infty$$

et il existe un chemin Γ s'éloignant indéfiniment sur lequel F(z) n'est pas complètement indéterminé. En faisant une transformation analogue à la précédente, on se ramène au cas où la fonction est bornée sur Γ et possède dans une suite de couronnes (3) un nombre de pôles qui croît indéfiniment avec R [2]. Ceci entraîne l'existence de cercles de remplissage, η et δ étant des fonctions convenablement choisies de R.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude de l'écoulement plan des fluides.* Note [3] de MM. **A. Toussaint** et **E. Carafoli**, présentée par M. J.-L. Breton.

Dans le but de rendre visibles les phénomènes hydrodynamiques (lignes de courant, sillages, tourbillons, etc.) qui se manifestent dans l'écoulement

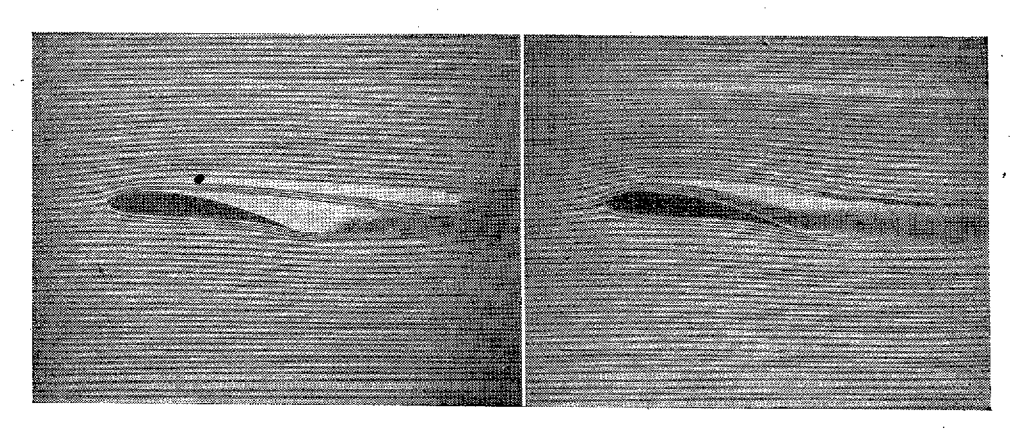
---

(1) C'est une conséquence d'une proposition que j'ai donnée dans un article qui doit paraître dans un autre Recueil.

(2) Voir mon article *Supplément à la Note : Remarque sur un théorème de M. Julia* (*Bull. Sciences math.*, 49, 1925, p. 270-275). Dans la formule (1) de cet article, l'exposant 2 doit être supprimé.

(3) Séance du 17 mai 1926.

plan d'un fluide autour d'obstacles immergés, nous avons réalisé un tunnel hydrodynamique qui a les caractéristiques suivantes. La section du tunnel est un rectangle de 1^{cm} de hauteur et de $26^{cm},5$ de largeur. La longueur est de 50^{cm} environ. Les parois inférieures et supérieures sont constituées par deux glaces. Le tunnel est placé dans le plan médian d'une cuve à eau. L'entrée d'eau dans le tunnel est assurée par un collecteur galbé, formant entonnoir rectangulaire. La sortie d'eau s'effectue par le raccordement du tunnel à une canalisation extérieure munie d'un robinet réglable. La vitesse moyenne du courant peut atteindre 0,75 m : sec.



L'obstacle, d'épaisseur égale à celle du tunnel, est placé à environ 12^{cm} de l'entrée. Les lignes de courant sont rendues visibles par l'émission de filets colorés au moyen d'un distributeur de forme extérieure carénée, placé à l'entrée du collecteur du tunnel, bien parallèlement au plan médian de ce dernier. Ce distributeur possède 64 trous de $0^{mm},7$ de diamètre, espacés de 4^{mm}. La vitesse d'émission des filets colorés est réglée pour être égale à celle du courant général.

Un ensemble de lampes à filaments rectilignes, d'une intensité totale de 500 bougies, illumine un fond translucide sur lequel repose la glace inférieure. Le spectre dessiné par les filets colorés en rouge se détache sur ce fonds lumineux et peut être cinématographié.

Ce dispositif se distingue de ceux employés dans le même but, par différents auteurs (Marey, Hele-Shaw, etc.) par les particularités suivantes. Le *fluide part de l'état de repos* et sa mise en route sans chocs conduit à un écoulement dénué de toute turbulence préalable. En outre nous avons remarqué, en répétant l'expérience classique de Reynolds, que le filet coloré émis dans de telles conditions conserve sa netteté de contour sur un

parcours appréciable même en régime non laminaire. Ceci est dû à ce que la couche fluide perturbée par le frottement des parois est nulle à l'entrée du tunnel et atteint le plan médian des filets colorés à une grande distance en aval.

Nous avons calculé cette distance et la distribution des vitesses en toute section du courant pour les deux régimes d'écoulement. En réalité, dans le cas de l'écoulement turbulent, la distribution des vitesses dans les couches perturbées par le frottement des parois reste laminaire sur une longueur x donnée par la relation. $V_m \frac{x}{\nu} = 330000$, trouvée par Zijnen (Thèse, Delft, 1924). Pour le cas de notre tunnel hydrodynamique on aurait $x = 58^{cm}$ pour le cas de la vitesse maximum. Ainsi, pour toutes nos expériences, le régime turbulent commencerait en dehors de la portion utilisée pour les spectres. La distribution des vitesses est quasi uniforme pour les vitesses de 0,30 à 0,75 m : sec et les spectres correspondants se rapprochent des conditions théoriques du mouvement plan.

Les spectres déjà cinématographiés pour des obstacles variés : plan mince, cylindre circulaire, profils d'ailes, montrent bien l'évolution de l'écoulement en fonction de la vitesse du courant. Aux faibles vitesses on observe des sillages qui tendent à se refermer en arrière de l'obstacle. Le liquide inclus dans ce sillage semble rester au repos, en régime permanent. Aux vitesses moyennes le sillage s'allonge, les surfaces de séparation avec le courant général deviennent instables et le liquide inclus dans le sillage est animé de mouvements tumultueux. A partir d'une certaine vitesse on observe l'apparition des tourbillons alternés de Bénard et Karman. On observe aussi des scissions dans le courant général, comme on peut le voir dans un des spectres ci-joints à titre d'exemple.

ÉLECTRICITÉ. — *Condensateur colloïde*. Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Brillouin.

Le condensateur colloïde se compose de deux feuillets d'aluminium ou de magnésium, séparés l'un de l'autre par un réseau isolant, tel qu'un canevas en étoffe, dont les vides sont remplis par une pâte épaisse de *sesquioxyde de fer colloïdal* et de glycérine.

Les feuilles métalliques sont protégées par des enveloppes isolantes, en ébonite, en carton parafiné, etc. En reliant respectivement les deux feuilles métalliques aux pôles d'une source de courant alternatif ayant une force

électromotrice de quelques volts, on constate que ce dispositif remplit les mêmes fonctions qu'un condensateur électrostatique de très grande capacité. On obtient des résultats analogues en utilisant divers oxydes métalliques à l'état colloïdal, tels que ceux de nickel, de chrome, de manganèse, etc. En disposant un milliampèremètre dans le circuit de charge, on ne constate le passage d'aucun courant de fuite à travers le condensateur.

En reliant les feuilles d'aluminium aux deux pôles d'un courant continu, on constate au contraire le passage d'un courant de fuite appréciable.

L'accouplement en série d'une vingtaine de couples semblables permet de réaliser un condensateur supportant une différence de potentiel alternative de 110 volts, sans fuite appréciable. En dépassant une différence de potentiel de 8 à 10 volts par élément, le diélectrique est percé et la décharge traverse le colloïde. Le condensateur reprend ses propriétés primitives dès que le régime de charge est redevenu normal.

Les phénomènes qui se produisent dans le condensateur colloïde sont analogues à ceux des clapets électrolytiques, et l'effet clapet y est parfait. En effet, l'oxyde de fer colloïdal, en présence de l'aluminium, interrompt d'une façon complète le passage du courant pendant un temps très court; tandis que dans les soupapes électrolytiques, l'effet clapet est imparfait et varie suivant la nature de l'électrolyte et de sa température. Les constantes de ce condensateur ont été mesurées à l'aide d'un galvanomètre balistique relié à un condensateur étalonné de 1 microfarad, et à un accumulateur donnant une différence de potentiel de 2 volts. On effectuait successivement, à l'aide d'une clé de contacts, la décharge du microfarad, puis celle du condensateur colloïde, dans le galvanomètre. Le quotient des deux lectures donnait la capacité du condensateur.

On constate que pour de très petites surfaces d'aluminium, on obtient des capacités de l'ordre de 500000 microfarads par décimètre carré (quelle que soit la distance des plaques d'aluminium) correspondant à un diélectrique dont l'épaisseur est de 10^{-7} cm, c'est-à-dire d'ordre moléculaire. La capacité du condensateur colloïde décroît rapidement quand la surface augmente. Une surface de 1^{dm^2} ne donne plus qu'une capacité comprise entre 10^2 et 10^3 microfarads.

On constate que la charge de ce condensateur ne se conserve que pendant un temps très court, égal à un dixième de seconde environ.

On explique de la sorte la fuite observée sur un courant continu, et la parfaite conservation de la charge avec un courant alternatif dont la fréquence est inférieure à un dixième de seconde.

Un condensateür colloïde pesant 100 à 150g a une capacité de plusieurs centaines de microfarads, et la nature spéciale de son diélectrique lui permet de supporter sans inconvénient d'importantes surcharges momentanées car le « claquage » ou décharge interne ne le met nullement hors d'usage. D'autre part sa construction est très simple car elle ne nécessite aucun outillage spécial.

Les propriétés précédentes permettent de l'utiliser dans diverses applications industrielles nécessitant l'emploi de très grandes capacités, telles que les installations sur courant alternatif, où il permet d'absorber l'énergie du front d'onde et d'en diminuer considérablement la raideur pendant les périodes transitoires de surtensions dans la ligne.

L'énergie, qui est emmagasinée pendant un instant par la capacité, est aussitôt restituée à la ligne qui l'absorbe par ses résistances ohmiques.

Ce condensateur permet également de provoquer l'écoulement instantané dans la terre des courants à haute fréquence provenant de phénomènes inductifs fortuits dans la ligne.

Des applications analogues peuvent être faites dans les lignes télégraphiques et téléphoniques.

Le condensateur colloïde composé d'un seul élément permet d'obtenir des résultats intéressants en radiophonie, où son emploi permet, en particulier, d'atténuer sensiblement les parasites.

Enfin ce condensateur peut remplir un rôle analogue à celui des soupapes électrolytiques pour garantir les installations industrielles des dangers de surtensions de quelque durée.

En résumé, le condensateur colloïde permet d'obtenir facilement des capacités considérables sous un encombrement très réduit et d'éviter tout danger de destruction de l'appareil par des décharges internes.

MAGNÉTISME. — *Structure de l'aimant atomique. Démonstration de l'existence d'un doublet dans le nickel.* Note de M. **R. Forrer**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (1) que, par un traitement spécial, on peut mettre le nickel dans un état où son cycle d'aimantation est particulièrement simple. La figure 1 représente les dernières étapes vers le cycle schématique (*fig.* 2),

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1253 et 1394; *Journal de Physique*, 6, 1926, p. 109.

caractérisé par la séparation complète des variations réversibles et irréversibles de l'aimantation. Dans les champs moyens l'inclinaison de la partie réversible est constante et *le champ critique* (champ qui renverse l'aimantation) a une valeur unique. Ce champ produit une variation discontinue de très grande amplitude.

On peut imaginer trois modèles simples qui satisfont à ce cycle schématique.

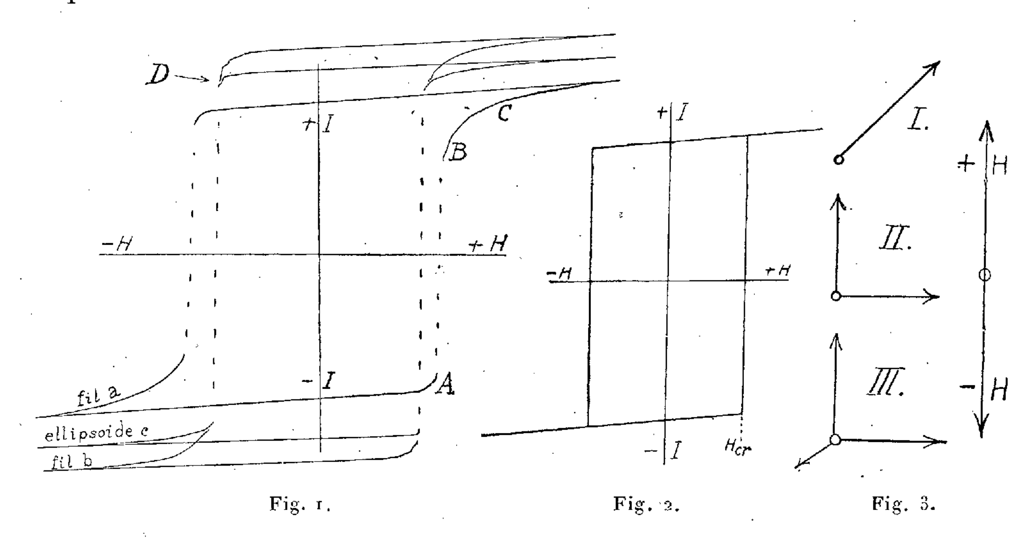


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Modèle I. — Un moment magnétique fait un certain angle (par exemple 45°) avec le champ (I, *fig.* 3). La rotation donne la partie réversible et le renversement la partie irréversible.

Modèle II. — Deux moments à angle droit, l'un parallèle et l'autre perpendiculaire au champ. La rotation du second donne la partie réversible, le renversement du premier donne la partie irréversible.

Modèle III. — Un moment est parallèle au champ, deux autres perpendiculaires, les trois à angle droit l'un sur l'autre.

Heureusement les cycles obtenus réellement permettent de choisir entre les trois modèles. Les arrondis en A et en B peuvent être attribués à une faible influence du champ démagnétisant, les petites discontinuités (en D par exemple) à ce que le champ critique n'est pas tout à fait constant. Ces deux effets sont presque négligeables. Si les moments ne sont pas orientés tous suivent la même direction et si une certaine quantité est dispersée dans des angles voisins, l'effet de cette impureté de l'orientation est différent suivant les modèles. Le modèle I prend l'aspect donné dans la figure 4, I.

Les moments ont des directions plus ou moins inclinées sur la direction du champ, ce qui a pour effet de donner à la courbe d'hystérèse des branches irréversibles inclinées et des arrondis symétriques (voir *fig.* 4, C I). Dans les modèles II et III les moments à renverser sont opposés au champ. Le renversement commence pour un certain champ minimum qui est pratiquement le même pour les moments voisins. Les rares moments qui se présentent sous des angles notables sont renversés par des champs plus forts. Il en résulte une courbe d'hystérèse telle que C II et C III avec une partie

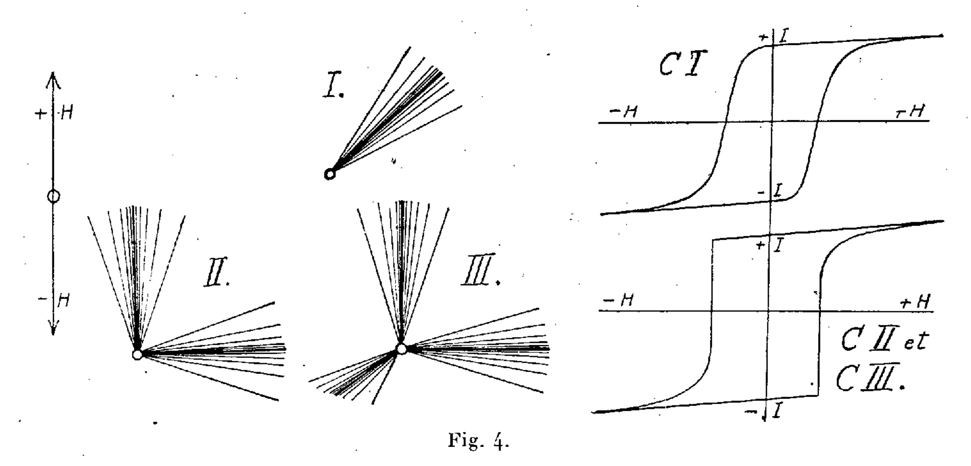


Fig. 4.

irréversible qui commence brusquement au champ critique avec une tangente verticale et qui dans les champs forts s'atténue progressivement. Les cycles obtenus dans les expériences décrites ont toujours cet aspect (voir par exemple *fig.* 1, *c*). Le modèle I doit donc être rejeté et l'on est amené à choisir entre les modèles II et III.

Si l'on admet que la saturation obtenue par des champs très élevés consiste dans un rapprochement des deux ou trois moments du doublet ou triplet dans la direction du champ, on doit conclure que le rapport entre l'aimantation à saturation et l'aimantation rémanente est 2 ou 3, suivant qu'il s'agit du doublet ou du triplet.

J'ai fait l'expérience pour le nickel de la figure 1, *b*, par la méthode du magnétomètre. Après un réglage soigné des compensations nécessaires j'ai trouvé pour l'aimantation dans un champ élevé ($H = 1760^g$) une déviation de $170^{mm},5$ et pour l'aimantation rémanente $85^{mm},4$. Donc le rapport *deux* à 2 pour 1000 près. D'ailleurs puisque le nickel courbé et tenu droit est, magnétiquement, très dur, la vraie saturation doit être un peu plus élevée.

L'aimant atomique du nickel est donc un doublet à angle droit.

Dans le nickel courbé et tenu droit, le traitement a pour effet de diriger l'un des moments du doublet parallèlement, l'autre perpendiculairement à l'axe du fil. Plus ce traitement est réussi, plus grandes sont les forces qui retiennent le doublet dans cette position. Alors les phénomènes discontinus atteignent leur plus grande valeur, la queue C (*fig.* 1) se réduit de plus en plus et l'inclinaison de la partie réversible diminue. Effectivement les variations de ces trois quantités, observées au cours des essais, sont liées entre elles de cette manière.

La découverte de ce doublet dans le nickel a permis dès à présent d'expliquer un assez grand nombre de propriétés des ferromagnétiques.

OPTIQUE. — *Sur la théorie de l'entraînement partiel de l'éther.* Note [1] de M. **H. Mineur**, présentée par M. Deslandres.

I. Nous nous proposons, dans cette Note, de montrer à quelles conditions cinématiques doit satisfaire une théorie de l'entraînement de l'éther par la terre pour rendre compte des faits connus. Considérons deux sphères S, S′ de centre O de rayons respectifs R et R′, animées d'une vitesse commune de translation V parallèle à Ox. Soient ρ la densité et $\vec{u}\,(u, v, w)$ la vitesse de l'éther en un point M. Soient $\vec{\xi}\,(\xi, \eta, \zeta)$ le tourbillon et Θ la divergence de $\vec{u}$, la vitesse c de la lumière est définie par la relation $c\sqrt{f(\rho)} = c_0$.

Nous imposons à $\vec{u}$ les conditions suivantes : $|u - V|$, $|v|$ et $|w|$ sur S et $|u|$, $|v|$, $|w|$ sur S′ sont inférieurs à εV.

II. Soient α, β, γ les cosinus directeurs d'un rayon lumineux à l'extérieur de S′, A′, B′, C′ ces mêmes quantités corrigées de l'aberration et A, B, C les cosinus de ce rayon lorsqu'il parvient sur S; on a

$$A' - A = \int \left(\beta\zeta - \gamma\eta + \frac{c_0}{2f(\rho)} \left[\left\{ \beta \frac{\partial f(\rho)}{\partial x} - \alpha \frac{\partial f}{\partial y} \right\} \beta + \left\{ \gamma \frac{\partial f}{\partial x} - \alpha \frac{\partial f}{\partial z} \right\} \gamma \right] \right) dt,$$

l'intégrale étant étendue au parcours du rayon lumineux.

III. Une analyse assez simple conduit à l'expression suivante de $\vec{u}$:

$$\vec{u} = \vec{u''} + \operatorname{grad}\varphi + \vec{a},$$

[1] Séance du 10 mai 1926.

où φ est une fonction harmonique et $\overrightarrow{u''}$ un vecteur, dont les composantes normales à OM sont nulles sur S et S′, la composante θ de $\frac{\overrightarrow{u''}}{r}$ suivant OM vérifie l'équation

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}\frac{\partial(r^2\Theta)}{\partial r} \qquad (r = \mathrm{OM}),$$

de plus $r\frac{\partial\theta}{\partial r} + \theta$ est connu sur S et S′. $\overrightarrow{a}$ est un vecteur inférieur à εV.

IV. Supposons c fonction de ρ et $f(\rho) = \rho$. La loi de l'aberration ne peut pas être vérifiée.

V. Supposons avec Lorentz que c soit indépendant de ρ, et que ρ ne dépende que de r. Pour que la loi de l'aberration soit vérifiée, il faut et il suffit que $\overrightarrow{\xi} = 0$. On peut établir que la densité de l'éther décroît de S à S′. Il existe au moins un rayon OMM′ issu de O tel que

$$\left|\int_{\mathrm{R}}^{\mathrm{R}'} \Theta\, dr\right| > 2\mathrm{V}(1 - 2\varepsilon),$$

l'intégrale étant prise le long de MM′. On en conclut que le rapport de la densité de l'éther sur S à sa densité sur S′ est supérieur à $7(1 - 4\varepsilon)$.

VI. Imaginons que S soit la surface terrestre et S′ une sphère de grand rayon; nous pouvons admettre que les conditions du n° I soient vérifiées pour $\varepsilon = \frac{1}{20}$. Si l'on veut expliquer l'expérience de Michelson par l'hypothèse d'un entraînement partiel de l'éther par la terre, on est conduit à admettre que la densité de ce milieu varie au moins dans le rapport de 5 à 1 lorsqu'on passe de la surface terrestre à la région où l'éther n'est pas entraîné. Une telle conséquence rend cette hypothèse assez improbable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Périodicité des réactions colloïdales.* Note (¹) de MM. **W. Kopaczewski** et **W. Szukiewicz**, présentée par M. d'Arsonval.

En 1903, Friedemann et Neisser (²) ont constaté la périodicité de la floculation des colloïdes; ce fait a été depuis confirmé par de nombreux auteurs. Au cours de nos recherches sur les phénomènes électrocapillaires, nous nous

---

(¹) Séance du 17 mai 1926.

(²) Friedemann et Neisser, *Munch. med. Woch.*, 51, 1903, p. 167.

sommes aperçus que l'action d'un hydrosol de savon varie avec son âge. Nous avons étudié ce phénomène de plus près, et voici les faits observés :

1° *Action d'un hydrosol d'oléate de soude sur la capillarisation des colloïdes.* — En étudiant cette action selon notre technique habituelle (¹), nous avons vu que l'oléate de soude, ajouté en concentration finale de 1 pour 1000, accentue ou bien affaiblit l'ascension des colloïdes typiques et des hémicolloïdes d'une façon périodique : l'hydrosol fraîchement préparé augmente l'ascension, puis flocule les colloïdes, aussi bien les colloïdes électronégatifs que positifs; après 3 jours l'ascension devient de nouveau plus forte, diminue le 5ᵉ jour, puis de nouveau s'accentue et, enfin, une dispersion âgée de 25 jours flocule complètement les colloïdes. Nous avons étudié à ce point de vue trois colloïdes typiques : le noir direct W-électronégatif, la congorubine FF-amphotère, et le gris direct 4B-électropositif; puis deux hémicolloïdes : le rouge-trypan-électronégatif et le violet de Paris-électropositif. Le phénomène s'observe avec des hydrosols d'oléate de soude de différentes provenances, de différents degrés de pureté et préparés selon des modes différents (à chaud, à froid, avec ou sans agitation, etc.).

2° *Degré d'hydratation des colloïdes.* — La même technique permet de se rendre compte que le degré d'hydratation des colloïdes subit des variations périodiques, selon l'âge de l'oléate de soude : à la floculation complète correspond une capillarisation faible ou nulle et un maximum d'hydratation.

3° *Variations des propriétés physiques de l'oléate de soude.* — Nous avons étudié, au cours de cette évolution de l'hydrosol de l'oléate de soude, ses propriétés physiques, telles que la tension superficielle, la viscosité, la conductibilité électrique et la concentration en ions hydrogène; les deux premières constantes ont été mesurées par les méthodes déjà décrites (²) la conductibilité électrique a été déterminée par la technique de Kohlrausch et la concentration en ions H par la méthode électrométrique.

Nous avons pu constater au cours de ces investigations que les propriétés physiques de cet hydrosol présentent également des variations périodiques : ainsi la tension superficielle, avant d'accuser une augmentation, par rapport à celle du point de départ, oscille à plusieurs reprises; il en est de même de la viscosité, de la conductibilité électrique et de la concentration en ions hydrogène (voir la figure).

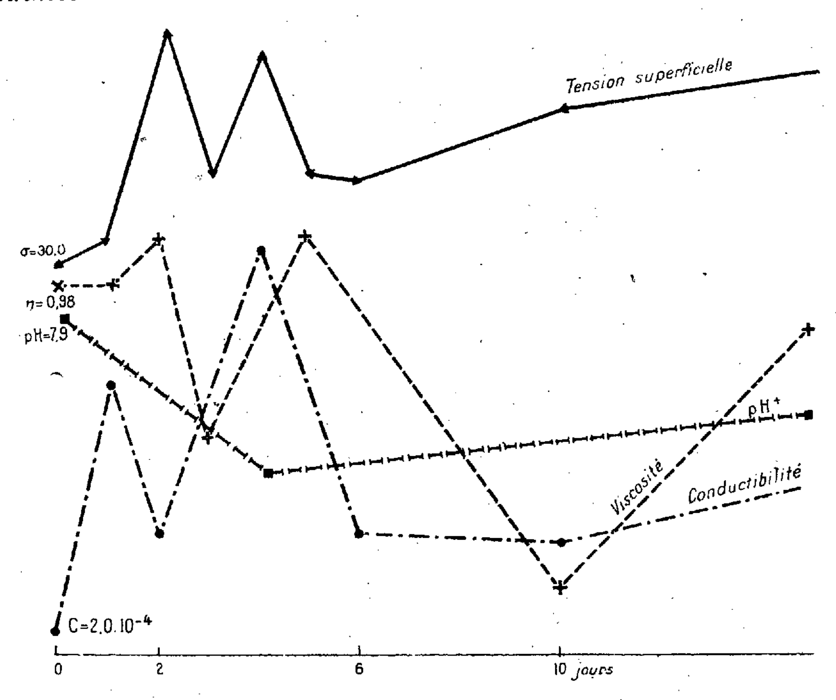
(¹) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1530.

(²) W. Kopaczewski, *Pratique des colloïdes*, Paris, 1923, Vigot, éditeur.

Les mêmes observations ont été faites avec l'hydrosol d'hydrochlorure d'étain au cours de son passage à l'état de gel.

Ces variations périodiques sont plus manifestes avec des concentrations faibles (pour le savon à la concentration à 1 pour 1000 ou 5 pour 10000).

On peut conclure que la *périodicité est un caractère général des réactions colloïdales*.



Nous ne tenterons pas, pour le moment, l'explication de ce phénomène : toutes les hypothèses seraient, à notre avis, prématurées. Mais, par contre, cette constatation permet de tirer quelques conclusions importantes et démontre la complexité des études sur l'état colloïdal :

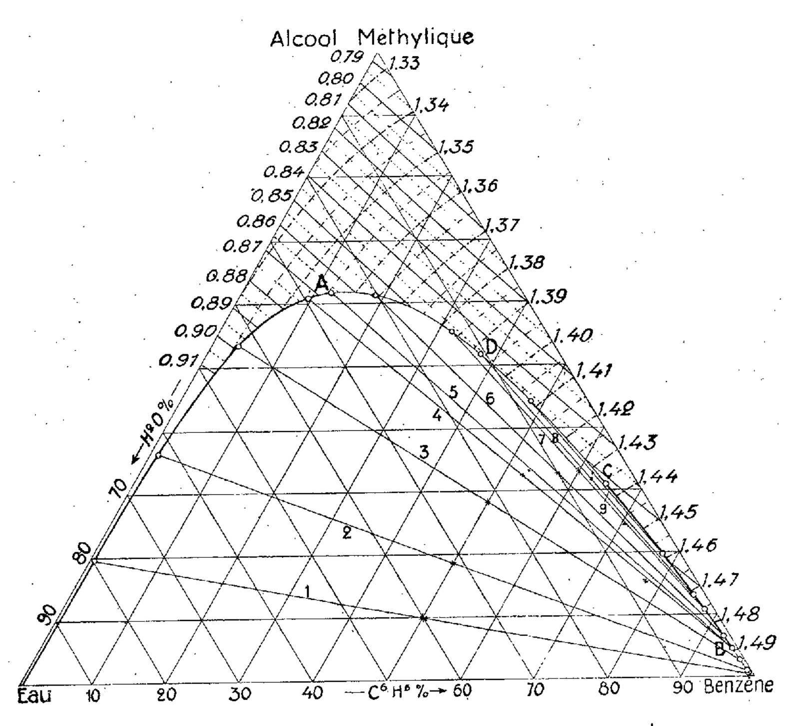
1° Contrairement à l'opinion souvent exprimée, *les colloïdes ne vieillissent pas d'une façon continue : leur évolution est périodique, avec un rythme de plus en plus lent;*

2° En déterminant les propriétés des colloïdes et en étudiant les réactions colloïdales, *il faut dorénavant tenir compte de l'âge de ces liquides;* tout comme en dialyse il faut préciser la porosité des membranes;

3° La périodicité des réactions colloïdales permet de comprendre l'existence de variations périodiques dans la perméabilité de la membrane vivante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la miscibilité, les densités et les indices de réfraction des mélanges d'alcool méthylique, de benzène et d'eau.* Note (¹) de M. **Jean Barbaudy**, présentée par M. H. Le Chatelier.

En vue de recherches sur la distillation du système alcool méthylique-benzène-eau, j'ai étudié les densités et les indices de réfraction de ces mélanges homogènes par les mêmes méthodes que j'ai employées pour le système alcool éthylique-benzène-eau (²).



Système alcool méthylique-benzène-eau. Isotherme de trouble de 25°,00. Densités (trait pointillé) et indices de réfraction (trait mixte). Composition en grammes de substances pour 100g de solution.

Les deux réseaux de densités et d'indices, d_4^{25} et n_D^{25}, définissent par leurs intersections les points du champ homogène et permettent par conséquent d'analyser sans difficulté les mélanges.

(¹) Séance du 17 mai 1926.

(²) J. Barbaudy, *Thèses*, Hermann, éditeur, Paris, 1925; *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas*, 4e série, 7, 1926, p. 207-213; *Bull. Soc. chim.*, 49, 1926, p. 371-382.

Sur la figure, le champ hétérogène, à l'intérieur de la courbe de trouble ADCB, est beaucoup plus étendu que le champ correspondant du système alcool éthylique-benzène-eau. Tandis que, sur une parallèle à la base du triangle, la démixtion n'apparaît qu'aux teneurs inférieures à 52 pour 100 en alcool éthylique, le sommet de l'isotherme de trouble atteint presque le niveau de 62 pour 100 d'alcool méthylique. Pour évaluer la grandeur de l'insolubilité on peut mesurer le rapport R de l'aire du champ hétérogène à l'aire totale du triangle. Nous avons ainsi trouvé pour les deux isothermes de 25°,00 :

Système alcool méthylique-benzène-eau....... $R_{25} = 0,7658$,
Système alcool éthylique-benzène-eau .... $R_{25} = 0,6739$.

Ce résultat confirme les observations déjà faites sur l'insolubilité relative de l'alcool méthylique dans les hydrocarbures en présence d'eau.

Les mélanges hétérogènes présentent un phénomène remarquable, qui n'a probablement jamais été signalé jusqu'ici chez aucun des systèmes ternaires de ce type. On sait que le benzène, moins dense que l'eau, se rassemble au-dessus de celle-ci par décantation. Si alors on agite avec du benzène une solution d'alcool méthylique *très diluée*, on obtient, après repos, une couche aqueuse A et une couche benzénique B qui surnage la première. En répétant la même expérience avec une solution concentrée d'alcool méthylique (plus de 70 pour 100) et une quantité convenable de benzène, il se produit encore deux couches, mais cette fois la couche benzénique, étant la plus dense, se rassemble à la partie inférieure du vase, *sous* la couche aqueuse A. Il y a donc eu dans l'intervalle changement de signe de la différence de densité des deux phases, et il doit se trouver deux couches qui ont rigoureusement la même densité, bien qu'ayant des compositions très différentes.

Pour le démontrer, nous avons déterminé expérimentalement les compositions de neuf couples de solutions conjuguées (voir la figure). Voici les compositions (en grammes de substance pour 100g de solution) des couples 4 et 5 situés de part et d'autre de la ligne d'équidensité :

	Couche aqueuse A.				Couche benzénique B.			
Nos.	CH^3OH %.	C^6H^6 %.	H^2O %.	d_4^{25}.	CH^3OH %.	C^6H^6 %.	H^2O %.	d_4^{25}.
4...	60,8	9,8	29,4	0,87182	4,05	95,67	0,28	0,87003
5...	61,5	11,4	27,1	0,86750	4,22	95,48	0,30	0,86978

En interpolant, on trouve pour compositions des couches ayant même densité :

61,0	10,2	28,8		4,09	95,63	0,28	

La densité singulière est $d_4^{25} = 0,86997$, soit 0,870. Malgré l'égalité de densité, la séparation des phases se fait bien. La couche benzénique tend à former un gros globule sphérique nageant dans la phase aqueuse. Au voisinage de la droite de conjugaison où a lieu le phénomène, le ménisque séparant les deux liquides est convexe pour la phase benzénique avec une courbure très prononcée.

Sur la figure, les segments de la ligne de trouble dessinés en traits forts représentent les points figuratifs des couches inférieures. La phase aqueuse est la plus dense du sommet eau au point A et, au contraire, la phase benzénique du point B au point critique C.

La solution D a pour densité $d_4^{25} = 0,8454$; c'est le minimum de densité de la ligne de trouble; elle renferme environ 41,5 pour 100 de C^6H^6. La densité des couches aqueuses remonte ensuite jusqu'à la solution critique C($d_4^{25} = 0,8615$), qui a pour composition moyenne : alcool = 30,8 pour 100; benzène = 65 pour 100; eau = 4,2 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Anomalie dilatométrique des alliages nickel-chrome paramagnétiques; alliage pour pyromètre à dilatation.* Note (¹) de M. **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai créé pour l'étude des alliages divers enregistreurs thermiques munis d'un pyromètre à dilatation (²).

L'étalon pyrométrique était primitivement en baros, alliage nickel-chrome industriel (10 pour 100 Cr et 2 pour 100 Mn), peu oxydable, tenace à chaud et dont la dilatation avait paru régulière et réversible. Après étude d'une série d'alliages nickel-chrome assez fortement manganésés, j'avais conclu à une variation linéaire du coefficient de dilatation vrai entre 0° et 900°, quand le titre est compris entre 5 et 10 pour 100 Cr.

De nouvelles expériences plus précises, relatives à des alliages plus purs et poursuivies entre — 195° et + 1000°, ont révélé une loi plus compliquée; elles ont montré, en particulier, au voisinage de 550°, c'est-à-dire dans le domaine de l'état paramagnétique, une anomalie imparfaitement réversible, qui consiste en un coude de la courbe dilatométrique, c'est-à-dire en une variation rapide du coefficient de dilatation vrai α. J'ai étudié les parti-

(¹) Séance du 17 mai 1925.

(²) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 109.

cularités de cette anomalie et cherché les moyens de la faire disparaître dans l'alliage destiné aux étalons pyrométriques. Voici les conclusions de ce travail.

I. L'anomalie des alliages nickel-chrome paramagnétiques est tout à fait comparable à celle des solutions solides Cu-Al riches en cuivre ([1]). Sur la courbe de la dilatabilité vraie α (*fig.* 1), les températures des points

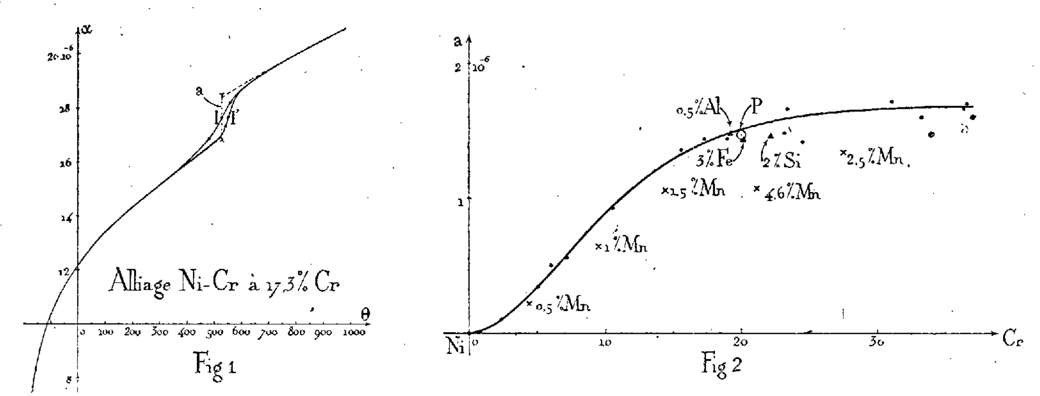


Fig. 1. — Variation thermique de la dilatabilité vraie d'un alliage nickel-chrome.
Fig. 2. — Variation de l'anomalie a avec la teneur en chrome.

d'inflexion I′ et I relatifs à la chauffe et au refroidissement sont presque indépendantes du titre de l'alliage : 550° et 525°; leur écart persiste aux refroidissements très lents. L'amplitude du phénomène étant caractérisée par l'accroissement a du coefficient α, la figure 2 montre la variation de a avec la teneur en chrome : les points ● concernent des alliages exempts de manganèse préparés avec du nickel Mond et du chrome alumino-thermique à 97 pour 100 Cr. La quantité a, nulle pour le nickel, augmente d'abord d'une façon accélérée avec la teneur en chrome; puis la courbe s'infléchit vers 10 pour 100 Cr et paraît tendre vers un maximum.

Par contre le manganèse atténue l'amplitude a (points $\times$) et étale l'anomalie dans un plus large intervalle de température; c'est pourquoi le phénomène n'avait pas été aperçu dans le baros et dans les premiers alliages d'étude.

II. L'alliage pour aiguilles pyrométriques doit être peu oxydable, rigide à chaud et exempt d'anomalie dilatométrique. Cette dernière qualité appartient à certains ferronickels chromés amagnétiques; mais les deux

---

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p, 1927.

premières sont beaucoup mieux réalisées dans les alliages nickel-chrome du type baros.

Pour supprimer presque entièrement l'anomalie de cet alliage, il suffit d'accroître la teneur en manganèse, d'incorporer quelques centièmes de fer et de remplacer une partie du chrome par du tungstène. Grâce à cet ensemble d'additions, dont chacune est à dose relativement faible, la courbe dilatométrique présente plusieurs coudes atténués et échelonnés au lieu d'un coude unique, et diffère expérimentalement peu d'une courbe d'allure régulière. De plus, comme je l'ai déjà noté ([1]), la double addition chrome-tungstène contribue efficacement à rendre l'alliage rigide à haute température.

Entre $-150°$ et $+1000°$ C. la dilatabilité du nouvel alliage, appelé commercialement *pyros*, peut être représentée, en fonction de la température absolue Θ, par une formule à trois constantes A, B, C :

$$\alpha = A\left[\frac{e^{\frac{B}{\theta}}\left(\frac{B}{\theta}\right)^2}{\left(e^{\frac{B}{\theta}}-1\right)^2}+\frac{e^{\frac{B}{2\theta}}\left(\frac{B}{2\theta}\right)^2}{\left(e^{\frac{B}{2}}-1\right)^2}\right]+2C\theta$$

peu différente de celle qui a été proposée par Nernst et Lindemann pour la chaleur spécifique des corps solides normaux. Cette formule représente à moins de 0,5 pour 100 près les résultats d'expériences : elle traduit notamment la variation quasi linéaire de α entre $+1000°$ et $+200°$ et la chute accélérée de ce coefficient quand la température s'abaisse au-dessous de 0° C.

Pour l'alliage qui contient, outre le nickel, 7 pour 100 Cr, 5 pour 100 Tu, 3 pour 100 Mn et 3 pour 100 Fe, les coefficients A, B, C ont pour valeurs :

$$A = 5{,}625 . 10^{-6}, \qquad B = 336°, \qquad C = 3{,}94 . 10^{-9}.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de dérivés du para-bromoallylbenzène.* Note ([2]) de M. **Raymond Quelet**, transmise par M. Charles Moureu.

Le para-bromoallylbenzène

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2-CH=CH^2 & (1) \\ Br & (4) \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 486.

([2]) Séance du 17 mai 1926.

s'obtient avec un rendement de 70 pour 100 par condensation du bromure d'allyle avec le dérivé magnésien du para-dibromobenzène, suivant la méthode indiquée par MM. Barbier et Grignard ([1]) pour la préparation de composés éthyléniques.

Il constitue un liquide incolore très mobile, d'une odeur anisée agréable, bouillant à 99° sous 15^{mm}.

Il fixe avec énergie 2^{at} de brome par molécule en donnant un liquide visqueux distillant avec décomposition partielle (perte de HBr) vers 185° sous 14^{mm}.

Chauffé pendant 8 heures au voisinage de 130°, au sein d'une dissolution de potasse dans l'alcool amylique, le para-bromoallylbenzène s'isomérise et donne le *p*-bromopropénylbenzène

$$C^6H^4\begin{cases} CH = CH - CH^3 & (1) \\ Br & (4) \end{cases}$$

paillettes fusibles à 35° possédant l'odeur très nette de l'essence d'anis ([2]).

Dérivés magnésiens du para-bromoallylbenzène et du p-bromopropénylbenzène. — Traités par le magnésium au sein d'éther anhydre, le para-bromoallylbenzène et le para-bromopropénylbenzène donnent comme produits principaux des dérivés magnésiens normaux

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2 - CH = CH^2 & (1) \\ MgBr & (4) \end{cases} \quad \text{et} \quad C^6H^4\begin{cases} CH = CH - CH^3 & (4) \\ MgBr & (4) \end{cases}$$

absolument comparables, par leurs aptitudes réactionnelles, aux dérivés de carbures à chaîne saturée correspondants.

L'amorçage de la réaction se réalise aisément en introduisant dans le mélange une petite quantité de C^2H^5MgBr et en maintenant l'ébullition pendant quelques minutes. L'attaque se poursuit ensuite d'elle-même, mais elle n'offre pas cette énergie caractéristique de la réaction de Grignard, et pour obtenir des rendements intéressants, il est indispensable de chauffer au bain-marie à douce ébullition pendant plusieurs heures. Au bout de 6 heures, les rendements en dérivés magnésiens, calculés d'après le dosage de la magnésie provenant de la décomposition par l'eau du produit de la réaction,

---

([1]) BARBIER et GRIGNARD, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 841.

([2]) Ce composé a été obtenu également par déshydratation du para-bromophényléthylcarbinol. (Voir à ce sujet K. ZIEGLER et P. TIEMANN, *D. Chem. G.*, 55, 1922, p. 3414.)

sont de 60 pour 100 pour l'allylbenzène para-bromé et de 70 pour 100 pour l'isomère à chaîne propénylée.

A partir du dérivé magnésien du para-bromopropénylbenzène, nous avons obtenu :

Par condensation avec l'oxygène, le para-propénylphénol ou para-anol

$$C^6H^4\begin{cases} CH = CH - CH^3 & (1) \\ OH & (4) \end{cases}$$

Par condensation avec l'orthoformiate d'éthyle, la para-propénylbenzaldéhyde

$$C^6H^4\begin{cases} CH = CH - CH^3 & (1) \\ CHO & (4) \end{cases}$$

liquide incolore, à odeur agréable, possédant les constantes suivantes :

$$\text{Éb}_{17^{mm}} = 132^\circ; \quad d_4^{11} = 1,044; \quad n_{11}^{D} = 1,606;$$
$$\text{r. m. calculée} = 44,32; \quad \text{trouvée} = 48,27.$$

Cette aldéhyde donne une semi-carbazone cristallisant en aiguilles, fondant instantanément à 230° sur le bloc Maquenne.

A l'aide du magnésien du *p*-bromoallylbenzène, nous avons de même réalisé la synthèse du *p*-allylphénol ou chavicol

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2 - CH = CH^2 & (1) \\ OH & (4) \end{cases}$$

et de la *p*-allylbenzaldéhyde

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2 - CH = CH^2 & (1) \\ CHO & (4) \end{cases}$$

liquide incolore, à odeur forte de punaise, bouillant à 112° sous 15^{mm}.

Nous poursuivons la synthèse d'autres dérivés de cette série.

MINÉRALOGIE. — *Contribution à l'étude de la pollucite.* Note de M. A. Kastler, présentée par M. G. Urbain.

La pollucite est un feldspathoïde cæsifère. Ce minéral rare, qu'on trouve à l'île d'Elbe et en Amérique, contient environ 30 pour 100 d'oxyde de cæsium.

L'étude de la radioactivité de la pollucite a permis de conclure à la non-radioactivité du minéral. La sensibilité de la méthode employée [1] aurait

[1] Henriot, *Le Radium*, 9, 1912, p. 224-227.

permis de déceler une radioactivité de $\frac{1}{20}$ de celle du potassium ou de $\frac{1}{20000}$ de celle de l'oxyde noir d'urane.

L'équivalent moyen de l'ensemble des métaux alcalins (K, Rb, Cs), extraits du minerai, a été trouvé égal au poids atomique du cæsium 133, aux erreurs d'expériences près.

L'analyse qualitative a été faite à l'aide du spectre de flamme et du spectre d'arc : le minerai contient de la silice, de l'alumine mélangée d'un peu d'oxyde ferrique, de l'oxyde de cæsium et de l'oxyde de sodium ; il contient en outre de faibles traces spectrographiques de calcium, de lithium, de potassium et de rubidium. La teneur en potassium a été évaluée par la comparaison avec des spectrogrammes des raies de potassium avec celles des spectrogrammes obtenus en mélangeant des quantités, faibles et déterminées, de chlorure de potassium à du chlorure de cæsium. Cette teneur est de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ environ.

Analyse quantitative de la pollucite :

	Pollucite de l'île d'Elbe (Rammelsberg).	Pollucite d'Amérique (Kastler).	$H^2R'^2Al^2(SiO^3)^5$ Nombres théoriques calculés par Dana.
SiO^2	46,48	46,3	47,0
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	17,24	18,0	16,0
Cs^2O	30,53	30,5	31,4
Na^2O	2,3	env. 3	2,8
H^2O	2,32	2,3	2,8

La comparaison de ce tableau montre l'identité de la pollucite d'Amérique avec celle de l'île d'Elbe. La composition de la pollucite est représentée convenablement par la formule $H^2R'^2Al^2(SiO^3)^5$, où R' signifie l'ensemble des métaux alcalins.

HYDROLOGIE. — *Sur une relation entre les amplitudes des crues annuelles du Nil, du Niger et du Mékong.* Note (1) de M. **Legrand**, présentée par M. Deslandres.

Ayant observé que les crues exceptionnelles ou les crues déficitaires s'étaient produites dans les mêmes années sur le Nil et le Niger de 1900 à 1922, j'ai comparé les coordonnées moyennes des deux fleuves à Wady

(1) Séance du 17 mai 1926.

Malfa et Koulikoro pour cinq années où je possédais le relevé de ces échelles d'étiage.

Ces ordonnées moyennes sont calculées en Égypte en additionnant les lectures de cinq en cinq jours et en divisant le total par le nombre des lectures pendant le cycle annuel d'une crue. Elles sont en rapport avec le débit total annuel ([1]) qui dépend en outre de la section du lit et de la vitesse moyenne d'écoulement et constituent un élément de comparaison suffisant qui n'exige pas la détermination du débit total annuel.

Or si *pour une même année on calcule le rapport des ordonnées moyennes du Nil et du Niger*, soit par exemple 1,68, on constate que *ce rapport est approximativement constant d'une année à l'autre*. L'examen de l'écart probable des divergences montre que la divergence maxima pratique est de 27 pour 100 de l'ordonnée moyenne du Nil. Pour dix-sept années différentes des premières, la divergence maxima constatée a été de 25 pour 100.

Ayant eu, plus tard, à ma disposition, les courbes de crue du Mékong en diverses stations du Cambodge, j'ai constaté qu'il existait une relation analogue entre les ordonnées moyennes du Niger et du Mékong à la station de Stung Treng pour *huit années* de 1914 à 1922, avec un écart probable donnant une divergence maxima pratique de 16 pour 100 de l'ordonnée moyenne du Mékong : les courbes établies en portant les années en abscisses et les ordonnées moyennes en ordonnées ont une allure parallèle.

Les crues annuelles des trois fleuves précités, dont les bassins d'alimentation sont fort éloignés les uns des autres, paraissent donc avoir une cause commune.

Les recherches des météorologistes anglo-indiens ([2]) et anglo-égyptiens ([3]) ayant montré que la crue du Nil est en rapport avec les pressions barométriques du printemps à Sainte-Hélène ou en Amérique du Sud, avec les pluies de printemps à Zanzibar et dans l'Inde, il semble qu'on pourrait chercher la cause du phénomène dans les déplacements de l'anneau austral des hautes pressions barométriques au nord de sa position moyenne et faire contribuer utilement l'étude des crues des grands fleuves du globe terrestre aux recherches sur les déplacements périodiques des grands centres de l'atmosphère.

([1]) On sait depuis longtemps que le débit d'un fleuve intègre, assez exactement, les pluies de son bassin, et que son étude peut jusqu'à un certain point suppléer à un réseau insuffisant d'observations pluviométriques.

([2]) Dr Walker, Colonel H.-E. Rawson, Capitaine Lyons, cités par S.-W. Willcocks *in Egyptian Irrigation*, 1913.

([3]) J.-I. Craig, cité par S.-W. Willcocks, note ci-dessus.

SISMOLOGIE. — *Séismes observés au centre de la France en 1925.* Note de M. J. LACOSTE.

Parmi les régions françaises qui, au point de vue séismique, ont été particulièrement troublées au cours de l'année 1925, il faut citer les contreforts nord et nord-ouest du Massif Central, pays vallonné dont l'altitude varie de 200 à 600^m et qui alimente les nombreux affluents de la rive gauche de la Loire.

Divers tremblements de terre ont ébranlé ces contrées : le premier, le 26 septembre 1925; le deuxième, le 3 décembre 1925; le troisième, le 9 décembre 1925. D'autres secousses ont été signalées aussi les 28, 29, 30 et 31 décembre 1925.

SÉISME DU 26 SEPTEMBRE 1925. — Il s'est produit à $5^h 05^m$ (heure légale) et s'est fait ressentir sur 12 départements : la Creuse, le Cher, l'Indre, l'Indre-et-Loire, le Puy-de-Dôme, la Corrèze, la Vienne, la Haute-Vienne, l'Allier, la Charente, la Loire, le Cantal, et a été inscrit par les séismographes de Clermont-Ferrand, Besançon, Paris, Strasbourg, Tortosa (Espagne).

Zone épicentrale. — Si l'on trace les courbes isoséistes, on remarque que la zone la plus frappée (isoséiste V) affecte une forme vaguement elliptique qui de Châteaumeillant (Cher) se dirige vers l'Ouest, atteint Bellac (Haute-Vienne) où les eaux ont été nettement troublées plusieurs jours et s'incline ensuite vers Saint-Junien (Haute-Vienne). Ce sont donc des pays à grès argileux, ou à micaschistes plissés qui ont été le plus frappés.

Cause probable. — Ces régions sont entourées, comme on peut le voir sur les cartes géologiques, de nombreuses failles et il est fort probable que le séisme est dû au mouvement d'un ou plusieurs compartiments de la marqueterie terrestre entre les failles qui les délimitent. La grande extension du séisme peut résulter du fait que l'énergie vibratoire émanant d'un foyer a mis en ébranlement une série d'autres foyers sensibles qui ont vibré à leur tour par résonance.

On n'est donc pas surpris de trouver des renforcements intéressants en des lieux éloignés du foyer principal. Tels sont les cas d'Eymoutiers (Haute-Vienne), de Gentioux (Creuse), dans le voisinage de failles, d'Auzances (Creuse) sur une faille, de la Guerche, au confluent de l'Allier et de la Loire, sur une faille. Le cours de l'Indre lui-même se trouve jalonné par des intensités d'ordre IV, montrant ainsi que la vallée conserve toujours sa tendance séismique.

Nombre et direction des secousses ressenties. — 206 observateurs signalent

simplement une secousse, 61 en signalent 2, 7 en signalent 3. D'après le plus grand nombre la durée des secousses serait de 3 secondes, et la plus grande fréquence de direction indiquée est Est-Ouest. Quelques observateurs, particulièrement dans les endroits les plus frappés, indiquent des secousses verticales, tel est le cas de Saint-Saturnin, de Châtelus et de Lignières (Cher).

Effets. — Les plus grands effets ont été indiqués à Châteaumeillant (Cher), l'ébranlement a été constaté par toute la population, il a été accompagné de chutes de cheminées, de lézardes dans les murs.

SÉISME DU 3 DÉCEMBRE 1925. — Il paraît être une réplique du précédent. Mais on sait que, au cours de répliques, les réajustements de l'écorce terrestre se font par compartiments successifs. On ne sera donc pas étonné de constater un déplacement de la zone épicentrale; c'est aux environs de Pontarion, à Saint-Junien-la-Brégère, aux sources de la Vigie, à Vidaillat, non loin des sources du Taurion (département de la Creuse, arrondissement de Bourganeuf), que l'effet de ce tremblement s'est fait surtout ressentir.

Il s'est étendu aux départements de la Creuse, du Cher et de la Haute-Vienne. Les séismogrammes de Clermont-Ferrand, Paris, Besançon, Strasbourg, Zurich, Tortosa donnent comme heure origine $18^{h}58^{m}25^{s}$.

L'amplitude des vibrations enregistrées paraît être de même grandeur que pour le précédent.

Toutefois ce séisme s'est moins généralisé. C'est à Vidaillat, à Saint-Junien-la-Brégère qu'on signale des secousses verticales, des ébranlements de meubles, des soulèvements de tables, des craquements de planchers, des écroulements de murs. D'une façon générale dans le département de la Creuse, on a ressenti les secousses du 3 décembre plus que celles du 25 septembre.

SÉISME DU 9 DÉCEMBRE. — Moins important que les précédents, il s'est produit à $23^{h}40^{m}$. Son épicentre paraît s'être rapproché de celui du 26 septembre. Ses effets, non destructeurs d'ailleurs, se sont fait ressentir vers les sources du Gourdon et de la Bouzanne et dans la haute vallée de l'Indre.

Si les séismographes n'ont pas enregistré ce tremblement, il a toutefois bien perçu dans l'arrondissement de La Châtre (Indre) et particulièrement à Briantes, Saint-Charlier, Lacs, Sazeray où l'on signale des plafonds fissurés, des lits secoués, de sourds grondements.

Autres secousses. — Dans le même arrondissement de La Châtre, et particulièrement à Briantes, on signale d'autres secousses les 29 et 31 décembre 1925 vers 14^{h}, tandis que d'autres se sont produites à Châteaumeillant les 28 et 30 décembre.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur l'existence de* Coal balls *dans le bassin houiller des Asturies*, Note [1] de M. **Armand Renier**, présentée par M. Ch. Barrois.

Il est constant que les couches de houille, dont le toit géologique renferme les restes d'une faune marine, présentent certaines particularités diagénétiques. C'est, de façon générale, une exaltation de la teneur en soufre; c'est encore et fréquemment, mais localement, une calcification hâtive qui, dans certains cas, aboutit au passage latéral à un calcaire massif, plus souvent à la formation de nodules d'aspect tortueux, les *coal balls* des Anglais, les *Torfspherosiderite* des Allemands. On peut, à ce sujet, citer les découvertes faites successivement en Angleterre, dans le Lancashire (Upper foot Seam et Gannister Seam) et le Yorkshire (Halifax Hard Seam), en Westphalie, ainsi que dans le bassin septentrional d'Aix-la-Chapelle (couches Catharina et Finefrau), en Moravie dans le bassin d'Ostrau (couche Coaks), au Donetz, en Belgique (couches Petit Buisson et Sainte-Barbe de Floriffoux ou Bouxharmont), enfin en Sibérie. Partout, hormis peut-être ce dernier cas (couche Brusnitzine du bassin de Kousnetz), la calcification locale de la pulpe végétale, qui, normalement donne naissance à la couche de houille, se trouve sous la dépendance d'un toit à faciès franchement marin (céphalopodes ou brachiopodes articulés).

Dans ces conditions, étant donnée l'existence de semblable faune au toit d'une couche de houille, la recherche de *coal balls* au sein de celle-ci semble tout indiquée.

C'est le cas de certaines d'entre les couches du bassin des Asturies. Ainsi à la houillère de Lierès, située vers l'extrémité NE. de ce bassin, se trouve découverte une stampe puissante de 750^m, s'étendant depuis peu au-dessus du faisceau dit des *Capas generalas* au plus inférieur ou *Capas de las calizas*.

Tout au sommet de cette suite, à 45^m au-dessus de la plus élevée des couches du faisceau des Generalas, existe une veinette dont le toit renferme une riche et abondante faune marine : Crinoïdes, Bryozoaires, Brachiopodes variés, Gastéropodes, Trilobites. Aussi le sommet de l'assise de Lena (Charles Barrois) est-il tracé par les géologues espagnols peu au-dessus de cette veinette.

Cependant, dans le groupe des Generalas — dont la couche supérieure,

(1) Séance du 17 avril 1926.

un instant exploitée, a pour toit un banc renfermant une importante faune marine, — j'ai recueilli une flore intéressante. Je citerai : *Sphenopteris rotundifolia*, *Mariopteris muricata*, *Alethopteris lonchitica-Serli*, *Trigonocarpus Parkinsoni*, *Nevropteris heterophylla*, *N.* cf. *obliqua*, *Hexaspermum* sp., *Sphenophyllum cuneifolium*, *Calamites Suckowi*, *C. verticillatus*, *Asterophyllites longifolius*, *Annularia sphenophylloïdes*, *A. radiata*, *Lepidodendron aculeatum*, *Lepidophloios acerosus*, *Lycopodites* aff. *carbonaceus*, *Sigillaria scutellata*, *Cordaites* aff. *principalis*, *Cordaianthus* sp.

Le groupe de veinettes intermédiaire entre le faisceau des Generalas et celui des Calizas m'a fourni en abondance *Linopteris obliqua*, *Alethopteris lonchitica-Serli*, *Annularia sphenophylloïdes*.

Les couches du groupe des Calizas ont toutes pour toit une roche avec faune marine. Mais leurs murs renferment : *Alethopteris lonchitica*, *Nevropteris gigantea*, *Linopteris obliqua*, *Lepidodendron* aff. *Veltheimi*, *Sigillaria scutellata*, *Trigonocarpus* sp.

Ainsi, soit dit en passant, les faisceaux qu'on pourrait qualifier de zones supérieure et moyenne de l'assise de Lena appartiennent sans conteste à la zone moyenne du Westphalien et non pas au Westphalien inférieur ou au Dinantien, ainsi qu'il a été admis jusqu'aujourd'hui.

Le seul *coal ball* des Asturies que je possède jusqu'ici, je l'ai découvert dans un grenier de la houillère de Lierès parmi un lot de fossiles remarquables : troncs de Calamites et de Sigillaires, etc. Sa surface, peu régulière, est couverte d'un vernis charbonneux de teinte identique à celle des charbons de cette fosse. L'examen en lame mince fait reconnaître dans sa masse : 1° de nombreux restes d'un *Sphenophyllum*, voisin, sinon identique, à *S. plurifoliatum*, alors que *S. cuneifolium* est très commun en empreintes à Lierès ; 2° un *Myeloxylon* (les *Alethopteris* abondent); 3° un débris de bois de Gymnosperme, infecté par un parasite ; 4° de nombreux axes de *Stigmaria ficoides* avec radicelles taraudantes. L'ensemble est de teinte havane ou brun acajou; quelques débris, notamment les *Myeloxylon* sont, au contraire, noirs, vraisemblablement fusinifiés. Une première venue de pyrite a déposé de minuscules cristaux dans presque toutes les cellules lignitifiées; la calcite est venue ensuite; une seconde venue de pyrite a enfin cimenté la masse sur quelque profondeur, tout en respectant les tissus. Le premier trait, assez spécial, témoigne de l'originalité du nodule en question.

Il est à souhaiter que des recherches plus étendues fassent se multiplier dans les Asturies les trouvailles de semblables échantillons si précieux pour le paléobotaniste et le lithologiste.

PHYSIOLOGIE. — *Inefficacité de la pilocarpine sur le métabolisme énergétique en l'absence de capsules surrénales.* Note de MM. **J. Giaja** et **X. Chahovitch**, présentée par M. Henneguy.

Le chlorhydrate de pilocarpine élève le métabolisme de base et supprime du même coup l'accommodation de la thermogenèse, de sorte que le métabolisme de sommet se confond avec le métabolisme de base (1). D'autre part nous avons constaté que l'ablation des capsules surrénales supprime également l'accommodation de la thermogenèse, mais sans modifier notablement le métabolisme de base (2). Nous nous sommes demandé quel serait l'effet de la pilocarpine sur le métabolisme après ablation des surrénales. Provoquera-t-elle une élévation du métabolisme de base comme chez l'animal normal?

Après avoir enlevé à des Rats les deux capsules surrénales, on mesure leur dépense énergétique à la température de la neutralité thermique, 32° environ, avant et après injection de chlorhydrate de pilocarpine. Voici deux exemples des résultats obtenus :

Rat de 234^{g} dont les surrénales ont été enlevées la veille. Son métabolisme de base avant injection de pilocarpine est de $4^{cal},85$ par kilogramme-heure. On lui injecte sous la peau $0^{cm^3},3$ d'une solution de chlorhydrate de pilocarpine à 1 pour 100. Dix minutes après on le place dans l'appareil pour mesurer ses échanges gazeux. Ils ont la même valeur qu'avant l'injection. L'animal meurt une heure après l'injection.

Jeune Rat pesant 120^{g}. Ablation des surrénales. Le lendemain on procède à la mesure du métabolisme de base. Il est de $8^{cal},62$ par kilogramme-heure. Injection sous la peau de $0^{cm^3},25$ d'une solution de pilocarpine à 1 p. 100. La dépense énergétique est de $6^{cal},66$. Mort plusieurs heures plus tard.

Notons premièrement une sensibilité prononcée des Rats décapsulés envers l'action toxique de la pilocarpine, fait connu pour d'autres substances toxiqnes. Les Rats décapsulés succombent en général peu de temps après les injections de pilocarpine, néanmoins ce temps est largement suffisant pour que l'action de cette substance puisse s'exercer, vu que chez l'animal normal elle est presque instantanée. Évidemment la question se

(1) J. Giaja et X. Chahovitch, *Action du sulfate d'atropine et du chlorhydrate de pilocarpine sur le quotient métabolique* (*C. R. Soc. de Biol.*, 94, 1926, p. 689).

(2) J. Giaja et X. Chahovitch, *Le métabolisme de sommet et les capsules surrénales* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 885).

pose, dans ce cas comme dans tous ceux qui concernent les animaux décapsulés : l'état prémortel a-t-il une influence sur les résultats obtenus?

Les expériences relatées plus haut montrent que la pilocarpine n'élève pas le métabolisme de base du Rat décapsulé, tandis que le métabolisme du Rat normal, ainsi que nous l'avons montré antérieurement, est doublé et même triplé sous l'influence de ce poison.

Cherchant à expliquer ces faits on doit se demander si l'élévation du métabolisme de l'animal normal par la pilocarpine n'a pas lieu par l'intermédiaire des capsules surrénales, l'adrénaline provoquant, on le sait, une forte élévation du métabolisme de base ([1]), la pilocarpine, d'autre part, provoque la sécrétation de l'adrénaline ([2]).

ZOOLOGIE. — *Position du disque céphalique chez les Échénéides au cours de l'ontogénèse*. Note de M. **A. Vedel Tåning**, présentée par M. L. Joubin.

L'interprétation morphologique du disque céphalique chez les Échénéides comme une nageoire dorsale antérieure modifiée, est peu à peu résultée d'une série de travaux de divers auteurs.

On n'a toutefois jusqu'à présent pas eu l'occasion d'examiner les premiers stades du développement de cet intéressant poisson. Les expéditions danoises faites sous la direction du professeur Jos. Schmidt dans l'océan Atlantique (*Dana*, etc.) ont procuré des matériaux concernant l'ontogénèse chez les Échénéides.

J'ai observé la position prise par le disque céphalique sur le dos du poisson au cours de l'ontogénèse.

Chez tous les exemplaires jusqu'ici connus, qui ont plus d'environ 4^{cm} de longueur, le disque céphalique est placé sur le dessus de la tête. De ce fait on pourrait croire que la phylogénèse aurait fixé la formation de cet organe dans cette position de manière que l'ontogénèse montre que le disque céphalique s'est formé juste à cette place où il se trouve chez le poisson adulte. Ce n'est pourtant pas le cas.

Chez le *Remora remora* dont nous possédons des stades de $5^{mm},6$ jusqu'à 25^{mm} de longueur, les plus petits sujets postlarvaires (lon-

([1]) J. Giaja et X. Chahovitch, *Le quotient métabolique et l'adrénaline* (*C. R. Soc. de Biol.*, 93, 1925, p. 1330).

([2]) Dale and Laidlaw, *Journ. of Physiol.*, 45, 1912-13, p. 1.

gueur 5^{mm},6-8^{mm},0) ne montrent nulle trace extérieure du disque céphalique (*fig.* 1). Quand ils atteignent une longueur d'environ 10^{mm}, on rencontre pour la première fois, juste derrière la tête, un endroit oblong, étroit et presque sans pigmentation qui, en coupes microscopiques, permet de voir les lamelles qui plus tard se montreront si clairement placées en travers. A la longueur de 12^{mm} on peut distinguer ces lamelles externes; le disque est maintenant plus large et la partie antérieure est un peu avancée sur la partie postérieure du crâne. Le déplacement et la formation externe des lamelles et de la zone de bordure avancent maintenant peu à peu. A une longueur de 18^{mm} le bord antérieur du disque est placé au bord antérieur des yeux et l'on peut, dans les stades postlarvaires de cette longueur, facilement compter le nombre des lamelles (environ 17 à 18 dans cette espèce).

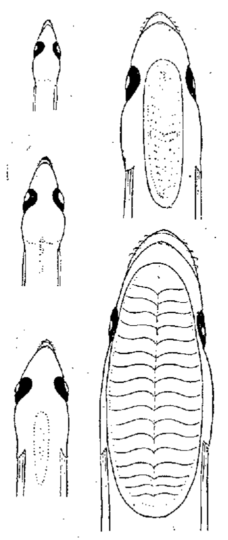


Fig. 1. — La tête, vue par-dessus, dans une série de stades postlarvaires de *Remora remora* L. Longueur totale : 6,5; 9,8; 12; 18; 25^{mm}.

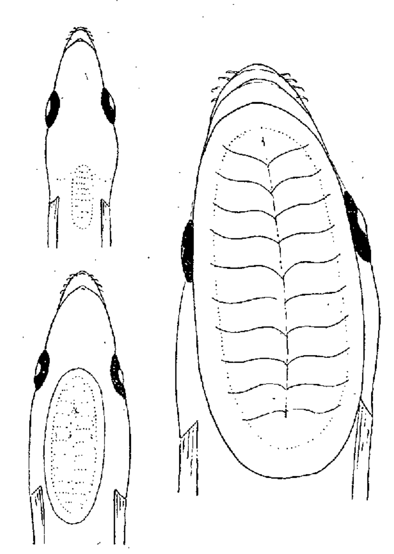


Fig. 2. — La tête, vue par-dessus, dans une série de stades postlarvaires de *Echeneis lineata* Menzies. Longueur totale : 21,2; 32; 50^{mm}.

A une longueur de 25^{mm}, le disque n'est pas loin d'avoir atteint sa position définitive.

Une autre espèce, *Echeneis lineata*, dont nous possédons des exemplaires de 14 à 20^{mm} de longueur totale, présente un développement du disque céphalique (chez cette espèce avec 10 lamelles) tout à fait analogue à celui de *Remora remora* (*fig.* 2).

Un intérêt spécial naît de la rencontre des premiers stades nommés ci-dessus des Échénéides en les comparant au seul exemplaire existant

d'un Échénéide fossile : *Opisthomyzon glaronensis* de l'époque oligocène (A. Wettstein, 1886). Sur cet exemplaire qui est un animal adulte d'environ 290^{mm}, le disque céphalique est placé derrière la tête; en outre, le disque est plus étroit que chez les espèces existantes et n'a que 6 lamelles; d'ailleurs l'espèce ressemble beaucoup aux espèces actuelles. La longueur et la largeur du disque, un peu incomplet, aussi bien que sa position, montrent que l'*Opisthomyzon glaronensis* coïncide presque exactement avec le point du développement des stades postlarvaires de l'*Echeneis lineate* où, chez celle-ci, le disque céphalique est placé presque complètement derrière la tête.

Les différentes séries des stades postlarvaires des Échénéides montrent donc : 1° que le disque céphalique dans la famille des *Echeneidæ* est ontogénétiquement développé sur la place qu'occupe ordinairement une nageoire dorsale antérieure; 2° que peu à peu elle se déplace vers l'avant sur la tête; 3° que l'ontogénèse dans les espèces actuelles de cette famille, en ce qui concerne la position du disque céphalique, récapitule la phylogénèse.

PROTISTOLOGIE. — *Les colorations vitales des Grégarines et les caractères de sexualisation du cytoplasme.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

Les trois espèces de Grégarines du *Tenebrio molitor* prennent des colorations vitales avec divers colorants ou les dérivés par réduction de ces colorants. Le mécanisme de ces colorations est complexe. Les éléments de Golgi ont des affinités pour le rouge neutre (¹), le chondriome a des affinités pour certains réactifs, et les deux segments d'une Grégarine ne se colorent pas toujours avec la même intensité. Cette étude est limitée à la comparaison des colorations globales des deutomérites.

Dans un travail fort intéressant (²), Mühl a décrit, sur *G. cuneata* et *G. polymorpha*, les différences de colorations au rouge neutre entre deux Grégarines en syzygie. *Steinina ovalis* donne avec le rouge neutre des résultats analogues. Il y a deux catégories de sporadins : les uns dont le deutomérite se colore en rouge, d'autres dont le deutomérite prend une

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 830.
(²) D. Mühl, *Arch. f. Protist.*, 43, 1921, p. 406.

couleur jaunâtre. Quand deux sporadins sont rapprochés pour un accouplement ou accolés pour un enkystement, ils appartiennent toujours à des catégories différentes. Les différences de colorations obtenues, tant par le rouge neutre que par les autres réactifs utilisés, ne s'appliquent pas toujours à tous les couples d'une population mais à la plupart de ces couples. La signification de ces différences d'affinités serait intéressante à connaître car elles expriment une sexualisation du cytoplasme. Mühl voit, dans les différences de colorations au rouge neutre, la preuve d'une différence dans l'acidité des cytoplasmes de deux Grégarines d'un même couple. Je propose une autre interprétation.

Première méthode : *Coloration vitale directe.* — Par l'action du bleu de méthylène, on trouve deux types de sporadins dans *G. polymorpha :* les uns colorés en vert bleuâtre, les autres colorés en jaune violacé; en syzygie, les primites sont du premier type, les satellites du deuxième. Le bleu de crésyl différencie également, dans cette espèce, deux types de sporadins : les uns colorés en vert violacé, les autres jaunâtres ou incolores; les primites sont du premier type, les satellites du deuxième. Le bleu de crésyl donne dans *Steinina ovalis* deux sortes de sporadins : les uns vert jaunâtre, les autres jaune clair; quand deux Grégarines sont rapprochées pour l'enkystement, elles appartiennent à des types différents. Avec le bleu de Nil, le primite de *G. polymorpha* est coloré en bleu verdâtre, tandis que le satellite est d'un jaune vert. Le violet Dahlia colore le primite de *G. cuneata* en violet, le satellite en vert. Ces divers résultats sont concordants (le primite, ♀, est toujours plus coloré que le satellite, ♂), mais ils ne peuvent s'interpréter comme des manifestations de différences d'acidités. D'ailleurs, le bleu de bromothymol pénètre bien dans les trois espèces de Grégarines et sa coloration est la même dans les individus d'un couple. Le pH a une valeur assez rapprochée de 6 pour les diverses espèces.

Deuxième méthode : *Action des dérivés par réduction.* — Le rouge neutre réduit donne les mêmes résultats que par coloration directe. Avec le bleu de crésyl réduit, on distingue dans *G. polymorpha* deux catégories de sporadins : les uns bleus verdâtres, les autres jaunes violacés; les primites sont de la deuxième catégorie, les satellites de la première. Le bleu de Nil réduit donne sur *G. cuneata* des primites jaunes, des satellites verts. Avec le violet Dahlia réduit, les primites de *G. cuneata* sont verts, les satellites violets. Ces résultats sont concordants : la réoxydation du réactif est plus forte dans le satellite ♂. Les ♀ ont un rH inférieur à celui des ♂, résultat ana-

logue à ceux obtenus pour d'autres Sporozoaires et divers végétaux ([1]).

Le rouge neutre donne des résultats identiques par les deux méthodes; pour les autres colorants, les résultats d'une méthode sont l'inverse de ceux de l'autre. J. Needham et D.-M. Needham ([2]), étudiant le rH des œufs d'Invertébrés, par des procédés très différents des nôtres, arrivent à une conclusion semblable : l'action directe des réactifs donne des résultats opposés à ceux de la micro-injection. Dans l'action directe des colorants sur les Grégarines (première méthode), si le rouge neutre pénètre directement, grâce aux affinités des éléments de Golgi, on voit les autres colorants pénétrer à l'état de leucodérivés; leur pénétration est donc précédée d'une réduction. La coloration vitale dépend de la rapidité d'imprégnation du protoplasme, et la cellule à cytoplasme plus réducteur se colore plus vite. Les résultats, en apparence contradictoires, sont les manifestations d'une même qualité : la valeur du rH intracellulaire. Cette interprétation s'applique aux résultats de Needham où seuls les réactifs facilement réductibles donnent une coloration par action directe.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Exaltation du virus rabique et corps de Negri.* Note de MM. **Y. Manouélian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

Nous avons déjà relaté que dans la rage des rues il n'existait aucune relation entre l'abondance des corps de Negri et la forme clinique de la maladie. C'est ainsi que dans un cas de rage mue la corne d'Ammon peut contenir beaucoup plus de corps de Negri que dans un cas de rage furieuse et réciproquement. Nous avons même constaté que dans un cas de rage au début, alors que le chien est abattu, les corps de Negri peuvent être plus abondants que dans les cas où l'animal succombe à l'infection rabique.

Nous savons aussi que dans la rage expérimentale par inoculation sous-duremérienne la période d'incubation diminue au cours des passages et la maladie évolue plus rapidement, ce qui indique une exaltation de la virulence et de la toxicité du virus.

Nous nous sommes proposé de rechercher si ces modifications biolo-

---

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 980, et *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1137.

([2]) J. Needham and D.-M. Needham, *Proceed. of the Roy. Soc.*, B., 99, 1926, p. 173.

giques du virus étaient en rapport avec des variations dans la morphologie et dans l'abondance des parasites.

Nous avons étudié trois virus différents où les corps de Negri étaient abondants et nous avons fait des passages successifs à travers le chien.

C'est surtout la corne d'Ammon qui a été le sujet de nos recherches, parce que, nous le savons, c'est dans cette région du cerveau que les corps de Negri sont plus abondants et plus volumineux. Quant à la technique, nous avons suivi celle décrite dans notre dernier Mémoire.

Nous avons fait régulièrement avec nos trois virus les constatations suivantes.

Déjà dès le second passage, les corps de Negri sont moins volumineux et moins abondants que chez les chiens d'où provenaient les virus. A partir du troisième passage, la différence s'accentue ; les corpuscules de Negri deviennent de plus en plus rares, et l'on n'observe plus à l'intérieur des cellules nerveuses que de petits corps contenant un nombre fort réduit d'inclusions. Pour ce qui est de l'*Encephalitozoon rabiei*, dont nous avons donné la description dans nos travaux antérieurs, on le rencontre constamment en nombre appréciable aussi bien chez les animaux ayant fourni les virus que chez ceux qui ont subi les passages successifs. De telle sorte qu'au cinquième ou sixième passage, on ne rencontre pour ainsi dire que ces organismes à l'intérieur des cellules nerveuses de la corne d'Ammon. S'il fallait avec un tel matériel faire une démonstration des corps de Negri, celle-ci risquerait fort d'être sinon infructueuse, du moins fort peu démonstrative.

Si nous rapprochons ces constatations de ce que nous savons sur le virus fixe, où la présence des corps de Negri est si difficile à mettre en évidence alors que nous trouvons constamment l'*Encephalitozoon*, nous pouvons conclure que l'exaltation du virus rabique s'accompagne de la disparition progressive des corps de Negri. Seul donc l'*Encephalitozoon* est le témoin constant de toutes les formes de l'infection rabique.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1926 (*suite et fin*).

Extraits des mémoires de Lavoisier concernant la météorologie et l'aéronautique, extraits publiés par les soins de l'OFFICE NATIONAL MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE. Paris, Étienne Chiron, s. d., 1 vol. 24^{cm}.

Les problèmes agricoles traités par des ingénieurs agronomes. Publication de l'Association amicale des anciens élèves de l'Institut national agronomique. Paris, Ass. am. des anc. élèves de l'Inst. agronomique, 1926; 1 fasc. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Lindet.)

Sur quelques intégrales se rencontrant dans l'étude de la propagation de l'électricité le long d'un câble. — Sur un problème classique de la théorie de la chaleur et sur deux équations fonctionnelles qui s'y rattachent, in *Bulletin des Sciences mathématiques*, par ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 2 fasc. 25^{cm}.

Sur quelques équations intégrales singulières, in *Acta mathematica*, par ÉMILE PICARD, Uppsala, 1925; 1 fasc. 30^{cm}.

H.-A. Lorentz en France et en Belgique, quelques souvenirs, par MARCEL BRILLOUIN. Overgedrukt uit « Physica » Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde, 1926; 1 fasc. $24^{cm},5$.

L'œuvre géographique de Franz Schrader, par EMM. DE MARGERIE. Le Caire, Société royale de géographie d'Égypte, 1925; 1 fasc. $27^{cm},5$.

Torsion des arbres de transmission; application industrielle de la théorie des équations intégrales linéaires, par CHARLES PLATRIER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 fasc. $28^{cm},5$. (Présenté par M. Mesnager.)

Constitution orthobiontique des êtres vivants, par CHARLES JANET. Beauvais, Dumontier, 1925; 1 vol. 25^{cm}.

Calcul des constructions continues à éléments droits. Application aux arcs hyperstatiques, par P. THOMAS. Paris, Charles Béranger, 1925; 1 vol. 25^{cm}.

Mécanique analytique et théorie des quanta, par G. JUVET. Paris, Albert Blanchard, 1926; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Hadamard.)

Annales de l'Institut océanographique, publiées sous la direction de M. L. JOUBIN. Nouvelle série, tome III, fasc. II : *Les affinités des cétacés*, par R. ANTHONY. Paris, Blondel La Rougery, 1926; 1 fasc. 28^{cm}. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Les hydroïdes de l'expédition du Siboga, par A. BILLARD. Leyde, E. J. Brill, s. d.; 1 vol. $33^{cm},5$. (Présenté par M. Louis Joubin.)

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1926.

North Manchuria and the Chinese Eastern Railway, publication de la Manchuria research Society. Harbin, C. E. R. Printing Office, 1924; 1 vol. 30^{cm}.

Le professeur Thomas Jonnesco, sa vie, son œuvre. Bucarest, Imprimerie de la Cour royale F. Göbl fils, 1926; 1 vol. 26^{cm},5.

Escritos de El-Rei D. Pedro V coligidos e publicados pela ACADEMIA DAS SCIENCIAS DE LISBOA. Vol. I. Coïmbra, Imprensa da Universidade, 1923; 1 vol.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises, tome VIII : *Chaîne méridienne de Dauphiné-Provence*, par PAUL HELBRONNER. Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, 1925; 1 vol. 34^{cm}. (Présenté par M. Lallemand.)

Hérédité chez le Mulet, in *Revue internationale de renseignements agricoles*, par A. PORCHEREL. Rome, Institut international d'Agriculture, 1925; 1 fasc. 25^{cm}.

Curso de fisica geral, par J.-M. ALMEIDA LIMA. Tome I, fasc. I : *Introdução;* II : *Generalidades sôbre mecânica racional;* III : *Mecânica fisica*. Lisboa, Academia das sciencias, 1923-1924.

Les amas globulaires d'étoiles et leurs relations dans l'espace, par CONST. PARVULESCO. Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, 1925; 1 vol. 25^{cm}.

Le calcul nomographique avant la nomographie, in *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, par M. D'OCAGNE. Louvain, Société scientifique; Paris, Presses universitaires de France, 1926; 1 fasc. 25^{cm},5.

Théorie du rayonnement et des quanta, par J.-H. JEANS (traduit par G. JUVET). Paris, Albert Blanchard, 1925; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Hadamard.)

Le « Navigo », appareil du lieutenant-aviateur Octave Lafay destiné à faciliter la résolution de quelques problèmes de navigation aérienne, par A. LAFAY. Paris, G. Roche d'Estrez, 1926; 1 fasc. 27^{cm}. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Géologie du Liban. Carte géologique du Liban, par G. ZUMOFFEN. Paris, Henry Barrère, 1926; 2 vol. 25^{cm},5.

Chimie et Industrie, 1914-1924. *Dix ans d'efforts scientifiques, industriels et coloniaux*. Tome I. Paris, Chimie et Industrie, 1926; 1 vol. 27^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 17 mai 1926.)

Note de M. *P.-L. Mercanton*, Aimantation de roches volcaniques australiennes :

Page 1231, ligne 1, *au lieu de* Alimentation de roches, *lire* Aimantation de roches.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MAI 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Distribution dans le temps des perturbations magnétiques terrestres, et répartition correspondante dans le Soleil des régions qui émettent un rayonnement corpusculaire.* Note de M. **H. Deslandres.**

Depuis 1923 les taches solaires sont en croissance et, dans les dix derniers mois, elles ont été nombreuses et importantes, en même temps que les aurores boréales et les orages magnétiques; même, ce qui est rare, en moins de trois mois, quatre aurores boréales ont été visibles sous nos latitudes (les 26 janvier, 5 mars, 9 mars et 14 avril 1926). Mon attention a été attirée sur ces phénomènes, et, le 22 mars, j'ai noté que les sept orages enregistrés à Meudon, à partir de celui du 13 janvier, se succèdent à des intervalles qui sont des multiples de R/6, R étant la durée moyenne de rotation synodique des taches (¹). L'orage suivant du 14 avril s'est conformé aussi à cette règle simple et j'ai cherché si elle s'étendait aux rotations voisines de 1925 et si elle était générale.

En 1925, les perturbations magnétiques ont été fortes seulement à partir du second semestre, et, si l'on part de l'orage du 1er septembre, qui est le premier important de l'année, la loi précédente est vérifiée encore, tout en étant, comme on le verra ci-dessous, plus complexe. Même résultat avec

(¹) La durée admise est celle de Carrington, adoptée dans nos éphémérides pour les observations physiques du Soleil. Elle varie un peu au cours de l'année, et sa valeur moyenne est $27^j,275$.

les orages magnétiques de 1882 à 1903, relevés par Maunder [1] : un premier examen rapide montre que les intervalles entre ces orages sont aussi le plus souvent des multiples de R/6. Mais les aurores et les orages sont dus à un rayonnement corpusculaire du Soleil, et l'on est conduit aux conséquences suivantes : Le Soleil, pendant plusieurs mois tout au moins, serait divisé en six fuseaux de 60° chacun, et les méridiens entre ces fuseaux, ou les régions voisines de ces méridiens, seraient le siège d'une émission corpusculaire particulièrement intense. Or cette division hexagonale est celle des corps qui, ayant la symétrie circulaire autour d'un axe, se refroidissent et se contractent, en subissant des pressions internes. Dans la fabrication du verre, par exemple, la masse fondue ou pâteuse est contenue dans un cylindre vertical à section circulaire, et, pendant le refroidissement, elle se brise suivant les six diamètres de l'hexagone régulier inscrit. Malgré les différences dans les conditions de la matière, l'origine de la division peut être la même dans les deux cas [2].

J'ai étudié d'abord avec soin la répartition des orages en 1925-1926 et en 1882, à deux époques qui sont particulièrement riches en perturbations, et qui, précédant chacune un maximum de taches, se correspondent dans deux périodes undécennales de l'astre [3]. Une partie des résultats est résumée dans le tableau ci-après, que le manque de place m'a forcé de restreindre. Les principaux orages et plusieurs perturbations de moindre importance sont présentés dans l'ordre chronologique, et leurs particularités sont indiquées par les lettres S, G, V, A, M de Maunder qui annoncent les orages forts à début brusque, les orages grands, très actifs, actifs et modérés. J'ai ajouté la lettre F pour les perturbations plus faibles qui sont les plus nombreuses. A la date de l'orage, qui est celle de la première pointe de la courbe pour les orages S et de la pointe maxima pour les autres, on a

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296, 669 et 733, et *Monthly Notices*, 65, 1905, p. 2.

(2) Ce rapprochement ne suppose pas évidemment que le Soleil est brisé suivant six plans méridiens. J'admets seulement que, sous la surface et dans la région des taches et facules, il puisse être momentanément brisé un peu ou modifié, de telle sorte que la matière des couches profondes, plus fortement ionisée ou radioactive, soit rejetée au dehors. On aurait ainsi des sortes de volcans, d'une activité variable.

(3) Pour la période de 1925-1926, j'ai eu sous les yeux les courbes de l'appareil qui enregistre depuis 1922 à l'Observatoire de Meudon les écarts de la déclinaison; mais, pour 1882, j'ai pu utiliser seulement les tableaux de Maunder, limités aux orages d'une certaine importance.

joint la longitude correspondante du centre de l'astre, très commode pour les comparaisons.

Les orages S à début brusque, qui sont les plus nets, sont mis en relief dans le tableau; leurs données sont en caractères gras. Parmi les derniers orages, ceux de 1926 sont les plus forts, et, avec d'autres orages de 1925, ils forment la série A du tableau, dont les six colonnes correspondent aux six longitudes théoriques à intervalles exacts de 60°; les différences avec les longitudes observées sont données dans les six colonnes et sont faibles. Mais d'autres orages de 1925, moins forts il est vrai, occupent à peu près exactement le milieu des intervalles de la série A; ils forment la série B dont les différences avec la série A sont des multiples de 30° ou de R/12. Enfin une troisième série, peut-être moins nette, se dessine avec les perturbations encore plus petites, qui apparaissent entre les termes des deux séries précédentes et correspondent aux multiples de R/24; leurs différences avec les longitudes calculées sont voisines de 15°, et imprimées en italiques [1].

Le tableau présente d'abord l'orage S du 1er septembre 1925, et huit orages satellites plus faibles qui sont groupés autour de lui; les différences sont des multiples de 30°.

Le second groupement réunit les perturbations attachées aux trois orages des 12, 21 et 23 octobre, les différences étant des multiples de 30° et de 15°. Puis vient le troisième groupement lié à l'orage ordinaire du 8 novembre.

Les groupements 4 et 5 comprennent seulement les orages S de 1926 et de 1882; car la limitation de la Note à quatre pages ne permet pas de faire plus. A noter aussi que les orages S de 1882 rentrent dans la loi posée, et à peu près avec les mêmes longitudes.

Finalement, si l'on écarte les heures d'agitation désordonnée après les grands orages, les autres perturbations et les fortes en particulier sont, à de rares exceptions près, conformes à la loi. De plus les faits précédents conduisent à une explication simple et nouvelle de la période undécennale et des champs magnétiques solaires. Le rayonnement corpusculaire du

---

(1) En ce qui concerne cette troisième série, on note souvent, en particulier aux moments de calme relatif, deux ou trois ou quatre petites pointes de la courbe, qui se succèdent à des intervalles égaux, en moyenne à R/24 ou à 1j,136; de plus, pour ces petites pointes, les écarts avec les longitudes calculées sont en général dans le même sens, et à peu près les mêmes. A ce type se rattachent dans le tableau les perturbations faibles des 14, 15 et 16 octobre, des 10, 11 et 13 novembre 1925. On peut citer aussi les perturbations des 23, 24 et 25 octobre; mais la première, celle du 23, est forte.

Perturbations magnétiques.

Dates et particularités.	Longitude du centre du Soleil.	Longitudes du centre calculées et différences en degrés avec les longitudes observées. Série A.						Série B.					
		355°5.	295°5.	235°5.	175°5.	115°5.	55°5.	325°5.	265°5.	205°5.	145°5.	85°5.	25°5.
1925. Août 18.86 F....	327°3							— 1.8					
23.17 F....	270.3								—4.8				
25.96 F....	233.5			+ 2									
30.04 F....	179.6				— 4.1								
Sept. 1.83 A. S...	142.5										+3		
3.75 F....	117.4					—1.9							
5.79 F....	90.3											— 4.8	
14.81 M....	331.3							— 5.8					
19.71 F....	266.7								— 1.2				
Oct. 4.90 F....	68.3											+17.2	
6.16 F....	49.5						+6						
8.93 M....	13.2												+12.3
9.90 F....	0.2	— 4.7											
12.75 A. S..	322.2							+ 3.3					
13.81 F....	308.7							+16.8					
14.48 F....	299.9		— 4.4										
15.62 F....	285.1		+10.4										
16.87 F....	268								—2.5				
20.79 F....	217.1			+18.4									
21.79 M. S..	203.4									+ 2.1			
22.69 F....	191.4									+14.1			
23.54 M. S..	178.7				— 3.2								
24.79 F....	164				+11.5								
25.83 F....	150									— 4.5			
31.71 F....	72.6											+12.9	
1925. Nov. 6.78 F....	352.2	+ 3.3											
7.68 F....	340.6	+14.9											
8.98 A....	323.7							+ 1.8					
9.93 M....	311							+14.5					
10.77 F....	300		— 4.5										
11.97 F....	284.2		+11.3										
13.11 F....	269.1								—3.6				
Déc. 28.33 A. S..	33.2												— 6.7
1926. Janv. 13.89 M. S..	175.2				+ 0.3								
26.69 V. S...	357.5	— 2											
Fév. 23.75 V. S...	357.5	— 2											
Mars 5.50 V. S...	228.7				+ 6.8								
9.83 V. S...	171.4					+3.9							
Avril 14.58 G. S...	60						—4.5						
1882. Avril 16.98 G. S...	93											— 8.5	
20.15 G. S...	51.2						+4.3						
Juin 15.13 M. S...	309		—13.9										
Août 4.65 A. S...	82											+ 3.5	
Sept. 12.12 A. S...	293.9		+ 1.6										
Oct. 2.40 G. S...	26.3												— 0.8
Nov. 16.35 M. S..	153.5										—8.0		
25.68 A. S...	30.4												— 4.9

Soleil serait la cause première de tous ces phénomènes; il augmente périodiquement lorsque les couches profondes de l'astre plus fortement ionisées ou radioactives, remontent à la surface; et les points d'émission corpusculaire, comparables à nos volcans, sont distribués régulièrement sur la surface et dans trois couches sous-jacentes, le rayonnement étant d'autant plus intense que la couche active est plus profonde. Ce côté de la question sera exposé avec détails dans une Note prochaine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur relativement élevée du pancréas en nickel et en cobalt.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâchebœuf.**

Nous avons montré que l'organisme des animaux renferme normalement de très petites quantités de nickel et de cobalt ([1]). Chacun de ces métaux est inégalement réparti entre les organes. C'est ainsi que chez l'homme et chez les animaux supérieurs les muscles et le foie se trouvent aux deux extrémités de la série qui va des organes les plus pauvres aux organes les plus riches. Il en est d'ailleurs ainsi pour plusieurs autres éléments : arsenic, bore, manganèse, zinc, etc., qui entrent en proportions infimes dans la composition chimique des cellules. Aussi notre attention a-t-elle été attirée par la teneur relativement élevée du pancréas du taureau que nous avions analysé comparativement avec d'autres organes du même animal. Cette teneur était tout à fait voisine de celle du foie, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant :

Organes examinés.	Ni en millièmes de milligramme par kilogramme		Co en millièmes de milligramme par kilogramme	
	d'organes frais.	d'organes secs.	d'organes frais.	d'organes secs.
Foie	125	360	200	600
Pancréas	135	410	230	690
Testicule	32	220	12	80
Cerveau	33	150	40	180
Muscle	<2	-	<10	-
Rein	10	47	66	320
Sang	11	57	10	50
Corne	50	59	35	40

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1380 et 1993.

Comme cette localisation inattendue pouvait présenter de l'importance au point de vue de la connaisance du rôle du nickel et du cobalt dans l'organisme, nous avons tenu à savoir si la teneur trouvée dans le pancréas du taureau était accidentelle ou si, au contraire, elle correspondait à un phénomène d'une certaine généralité. En conséquence, nous nous sommes procuré de nouveaux pancréas, appartenant à plusieurs espèces animales, et nous y avons dosé les deux métaux par les méthodes spéciales antérieurement décrites ([1]). Voici les chiffres que nous avons obtenus, en opérant chaque fois sur 200g de pancréas très frais dont nous avions éliminé autant que possible les tissus étrangers au tissu glandulaire :

	Ni en millièmes de milligramme par kilogramme		Co en millièmes de milligramme par kilogramme	
Origine.	d'organes frais.	d'organes secs.	d'organes frais.	d'organes secs.
Bœuf	150	715	75	357
Veau	160	800	70	350
Cheval	100	500	100	500
Mouton	150	682	75	341
Porc ([2])	80	213	62	178

Il n'est pas douteux, d'après ces chiffres, que le pancréas est un des organes les plus riches en nickel et en cobalt.

Nous nous sommes demandé alors s'il était possible de mettre en évidence quelque relation entre les deux métaux et le fonctionnement physiologique du pancréas.

Nous avons déjà trouvé, en travaillant sur ce thème, que les préparations hypoglycémiantes extraites de la glande par diverses méthodes et couramment désignées sous le nom d'*insulines* retiennent une proportion importante de nickel et de cobalt, même quand elles ont été obtenues dans des conditions où il semblerait, *à priori*, qu'elles eussent dû être débarrassées de ces métaux.

C'est ainsi que nous avons pu doser, en opérant sur des prises d'essai correspondant au maximum à 400 unités cliniques, c'est-à-dire sur des poids très faibles de matières contenant la ou les substances actives, les proportions ci-dessous de nickel et de cobalt :

([1]) *Loc. cit.*

([2]) La glande de cet animal extrêmement gras n'avait pu être débarrassée aussi bien que les autres du tissu adipeux qui la pénétrait de toutes parts.

Préparations.	Prises d'essai en unités cliniques.	matières organiques.	Proportions en millièmes de milligramme pour 100 unités. Ni.	Co.
Commerciale en solution.......	400	382 mg	33	15
Commerciale en poudre........	400	313	31	17
Faite au laboratoire...........	100	250	10	32
Du Département national d'Hygiène de Buenos-Aires......	200	33,5	3	42

Si l'on rapporte au kilogramme de matières organiques les chiffres des deux dernières colonnes, on trouve que les préparations d'insuline peuvent contenir des centaines de fois plus de nickel et de cobalt que les glandes d'où elles ont été extraites.

La question se pose à présent de savoir si le nickel et le cobalt interviennent dans l'action remarquable de l'insuline. Nous nous proposons de faire connaître prochainement les résultats que nous avons obtenus en cherchant la réponse à cette importante question.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés générales des* cryptotoxines, *en particulier de la cryptotoxine tétanique.* Note de **M. H. Vincent.**

J'appellerai *cryptotoxines* les poisons microbiens qui, mis en contact avec certaines substances déterminées, et *en proportions fortes ou faibles de celles-ci*, perdent entièrement, sous cette influence, leur toxicité, mais conservent cependant quelques-unes de leurs propriétés, en particulier un certain pouvoir immunigène.

Mes premières recherches sur ce sujet ont été publiées en 1907 [1]. J'ai démontré, à cette époque, que la bile et les savons neutralisent, à doses très faibles, la toxine tétanique et que l'oléomargarate de sodium peut inactiver des doses 220 fois mortelles de la même toxine. D'autres substances ont une propriété semblable.

I. J'ai additionné les toxines microbiennes suivantes : tétanique, diphtérique, colibacillaire, dysentérique, typhoïdique, paratyphique B, celle du *Bacillus œdematiens*, etc., d'une certaine quantité de solution saturée de

---

(1) H. Vincent, *Société de Biologie*, 43, 1907, p. 695; *Annales de l'Institut Pasteur*, 22, 1908, p. 341.

palmitate de sodium. Dans ces conditions, on observe une disparition remarquable et rapide de leurs propriétés toxiques.

L'injection de ces mélanges aux animaux réceptifs ne donne plus lieu, en effet, à aucun symptôme morbide. Le palmitate de sodium a donc la propriété de neutraliser complètement, *in vitro*, ces toxines microbiennes.

Ce sel ($C^{16}H^{31}O^2Na$) est peu soluble dans l'eau : sa solution saturée n'en contient que $0^g,2$ pour 100. Néanmoins son pouvoir antitoxique est tel qu'en mélangeant, en proportion variable, cette solution à une toxine tétanique mortelle pour le cobaye au centième de centimètre cube, l'animal supporte d'emblée, sans inconvénient, des doses très élevées de ce poison : 100, 200, 300, 600 doses mortelles et probablement davantage encore. Or le cobaye témoin ayant reçu une seule dose de la toxine pure meurt au 3e ou 4e jour; celui à qui l'on a injecté 50 doses de la même toxine pure, meurt en 30 heures de tétanos à marche suraiguë.

Le lapin de 2000^g peut, de même, recevoir 600 à 1200 doses de la même toxine neutralisée par le palmitate de sodium et ne présente aucun symptôme de tétanos.

La neutralisation de la toxine tétanique est obtenue par le mélange, non seulement à parties égales, mais encore à 1 pour 10, 1 pour 50, 1 pour 100 et même 1 pour 200 de la solution palmito-sodique à ladite toxine.

Ce mélange porté à 38°, devient neutre en 10 à 16 heures, en moyenne.

II. Le mélange de 2 ou 3 parties de la solution saturée de palmitate de sodium à 1 partie d'une toxine *diphtérique* qui tue le cobaye témoin de $275\text{-}300^g$ au $\frac{1}{250}$ de centimètre cube, lui enlève également toute nocivité. C'est ainsi que 40 doses mortelles neutralisées ne déterminent aucun autre phénomène qu'une légère induration locale, suivie d'une petite perte de substance. Le cobaye conserve son appétit et, le plus souvent, il a augmenté de poids après 15 jours.

L'injection de toxine *dysentérique* (bacille de Shiga), additionnée de la solution palmitique; celle d'une toxine *typhoïdique* très active, provenant de culture en sac de collodion, et tuant le cobaye de 250^g au tiers de centimètre cube dans le péritoine; celle d'une toxine *paratyphique B*, celle du *B. œdematiens*, également additionnées de palmitate de sodium, sont sans aucun effet pathogène.

La toxine *colibacillaire* est neutralisée dans les mêmes conditions. Celle dont je me suis servi déterminerait en 2 heures 45 la mort presque foudroyante d'un lapin témoin, à la dose de $1^{cm^3},5$ injecté dans la veine. La toxine qui a subi l'action du palmitate de sodium ne provoque plus, en

injection intraveineuse, qu'un peu d'inappétence pendant 12 à 24 heures. Les animaux n'ont aucun autre symptôme immédiat ou tardif, intestinal ou nerveux. L'endo- et l'exotoxine du *B. coli*, dont j'ai démontré l'existence [1] sont donc exactement neutralisées.

Lorsque, à des animaux ayant reçu sans dommage une première injection de ces antigènes divers additionnés de palmitate de sodium, on fait, à quelques jours d'intervalle, des injections nouvelles et à doses croissantes, de la même toxine palmitique correspondante, on constate, qu'ils supportent parfaitement ces inoculations successives. Pour prendre un exemple, un cobaye de 440^g a ainsi été soumis à cinq injections comportant au total plus de 2000 doses mortelles de toxine tétanique. Un autre cobaye (380^g) a reçu 1850 doses en six fois, etc.

III. L'addition du palmitate de sodium en proportions très faibles a donc la propriété d'annihiler entièrement la nocivité de diverses toxines microbiennes dont quelques-unes : tétanique, diphtérique, colibacillaire, toxine du *B. œdematiens*, sont si énergiques. On se rendra compte de l'intensité de ce pouvoir en calculant, par exemple, que si l'on prend une toxine tétanique mortelle pour le cobaye au centième de centimètre cube, et qu'on l'additionne de $\frac{1}{200}$ de la solution saturée de palmitate de sodium, la quantité de ce dernier sel contenue dans 100^{cm^3} du mélange n'est que de $0^g,001$. Dans un centimètre cube du même mélange, il n'existe que la centième partie de ce dernier poids de palmitate de sodium. Cependant ce centimètre cube représente près de 100 doses mortelles de toxine pour le cobaye de 300^g. Le palmitate de sodium agit donc à dose presque infinitésimale.

Les toxines ainsi inactivées ne sont pas cependant réellement détruites. Elles sont dissimulées, elles sont devenues des *cryptotoxines* inoffensives. Elles forment avec le palmitate de sodium un complexe difficilement dissociable. Cependant, traitée avec précaution par l'acide chlorhydrique dilué, qui dissocie le palmitate de sodium et précipite l'acide palmitique, et filtrée aussitôt, la cryptotoxine tétanique, injectée à dose assez élevée, détermine parfois un tétanos très léger chez le jeune cobaye.

D'autre part les injections réitérées, à doses progressives, de cryptotoxine tétanique confèrent une certaine immunité, car on peut ensuite injecter au cobaye et au lapin une ou plusieurs doses mortelles de toxine pure (3^{cm^3} de toxine chez le lapin) sans provoquer le tétanos.

---

[1] H. VINCENT, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1624.

Soit encore un lapin ayant reçu dans la veine trois injections successives, à six jours d'intervalle, de cryptotoxine colibacillaire; l'inoculation ultérieure dans le péritoine, de 2^{cm^3} de culture vivante et virulente, âgée de 3 jours, du même *B. coli*, et qui tue rapidement le témoin, ne donne lieu à aucun symptôme morbide, même léger.

L'action locale de certaines toxines nécrosantes est également modifiée et annihilée par plusieurs inoculations. Si, en effet, on inocule à plusieurs reprises, sous la peau du cobaye, et en des points différents, de la cryptotoxine diphtérique, on constate que la première injection détermine un peu d'œdème suivi d'une escarre locale, d'ailleurs très petite; mais la seconde ne provoque qu'une très faible rougeur, et la troisième ne laisse aucune trace.

A côté de ces propriétés antitoxiques si remarquables, le palmitate de sodium a une action bactéricide très marquée pour un certain nombre de microbes pathogènes : bacille typhique, bacilles paratyphiques A et B, bacilles de Shiga et de Flexner, bacille du choléra, *B. Coli communis*, streptocoque, etc.

Ce sel est hémolytique, mais aux doses très faibles auxquelles il est actif, il n'est ni toxique, ni hémolysant [1]. On peut donc concevoir que ses propriétés pourraient comporter certaines applications pratiques en immunologie humaine ou animale.

NOMINATIONS.

M. Charles Barrois est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration à Lille du buste de M. *Aimé Witz*.

PLIS CACHETÉS.

Mme veuve Léon Congis demande l'ouverture d'un pli cacheté adressé par son mari dans la séance du 8 décembre 1924 et enregistré sous le n° 9450.

---

[1] Le cobaye supporte sans inconvénient l'injection sous-cutanée de 3 à 5^{cm^3} de la solution de palmitate de sodium.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur le traitement de la *fièvre aphteuse*.

(Renvoi à l'examen de M. Leclainche.)

CORRESPONDANCE.

M. Ph. Negris, président, annonce la fondation d'une Académie des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts, qui a été inaugurée le 25 mars dernier sous le titre d'*Académie d'Athènes*.

M. de la Condamine adresse un Mémoire *Sur l'étude de l'équilibre dans les gazogènes* et M. Guillon une *Étude de la mesure des hautes températures des courants gazeux dans l'industrie*, travaux exécutés à l'aide de subventions accordées à l'Office central de Chauffe rationnelle sur la fondation Loutreuil en 1923 et 1924.

M. Albert Lécaillon prie l'Académie de le compter au nombre des candidats à la Chaire de Zoologie (Mammifères et Oiseaux), vacante au *Muséum national d'histoire naturelle*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Universidad de Barcelona. Facultad de Medicina.* Instituto de Fisiologia. *Trabajos publicados durante il quinquenio* 1920-1925. (Transmis par M. le Ministre des Affaires étrangères.)

2° H. Truc. *Hygiène oculaire et inspection du travail.* (Présenté par M. E. Roux.)

3° M. Schoen. *Le problème des fermentations. Les faits et les hypothèses.* Préface de A. Fernbach. (Présenté par M. E. Roux.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation d'une surface avec conservation d'un réseau conjugué.* Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**.

1. Dans sa Note des *Comptes rendus* (181, 1925, p. 1125) M. Gosse clôture, avec élégance et rigueur, l'un des plus beaux chapitres de la déformation des surfaces : les seuls ds^2 dont on sache trouver *toutes* les surfaces représentatives sont ceux déjà obtenus par Weingarten, Darboux, MM. Baroni et Goursat.

2. Il faut donc essayer une autre voie. Remarquons que si les coefficients E, F, G du ds^2 sont donnés, la recherche des surfaces représentatives peut être abordée par le calcul des coefficients D, D′, D″ de Gauss; on doit intégrer les trois équations de Gauss-Codazzi, dont l'une est $DD'' - D'^2 = \Omega$, où Ω est exprimé, comme on sait, au moyen de E, F, G et leurs dérivées et dont les deux autres sont équations différentielles, linéaires et homogènes en D, D′, D″. Si donc on connaît deux solutions *distinctes* (D_1, D'_1, D''_1) et (D_2, D'_2, D''_2) de ce système, on est certain que, quelles que soient les constantes h, k, les fonctions

$$(hD_1 + kD_2,\ hD'_1 + kD'_2,\ hD''_1 + kD''_2)$$

sont solutions du système des deux dernières équations; il est naturel de chercher si elles ne pourraient satisfaire à la première; on découvre ainsi une classe nombreuse de surfaces que je vais caractériser. Les conditions nécessaires et suffisantes sont, pour les D, h, k, avec une nouvelle constante m,

$$(1) \qquad D_1 D''_2 + D_2 D''_1 - 2D'_1 D'_2 = m\Omega, \qquad h^2 + mhk + k^2 = 1.$$

3. La valeur exceptionnelle $m = \pm 2$ ne fournit que les surfaces réglées toutes *isométriques* ou *applicables* sur une première surface réglée connue; ce cas classique donne, par quadratures, ∞^1 surfaces admettant un *réseau conjugué commun*, réduit à une famille *double*, à savoir la famille des génératrices.

4. Le cas $m^2 \neq 4$ fournit la véritable solution. La variation des constantes h, k liées par la relation quadratique (1) donne ∞^1 surfaces *associées* entre elles ayant un *réseau conjugué commun* formé de deux familles *distinctes*; comme d'autre part la famille est définie par *deux* surfaces, on peut

(¹) Séance du 25 mai 1926.

garder $S_1(D_1, D'_1, D''_2)$ puis la surface $(hD_1 + kD_2, \ldots)$ avec

$$k = \frac{2\varepsilon}{\sqrt{4-m^2}}, \qquad h = \frac{-\varepsilon m}{\sqrt{4-m^2}} \qquad \varepsilon = \pm 1,$$

ce qui, au fond, revient à supposer $m = 0$; *la surface* S_2 *sera dite l'adjointe de* S_1. *Les asymptotiques de l'une ou l'autre surface ont pour conjuguées sur l'adjointe un réseau conjugué et réciproquement cette propriété caractérise les surfaces de cette Note.* Prenant comme lignes de coordonnées le réseau conjugué permanent, on trouve aussitôt pour E, F, G les trois équations *nécessaires et suffisantes*

$$(2)\quad \begin{cases} E\dfrac{\partial E}{\partial v} - 2E\dfrac{\partial F}{\partial u} + F\dfrac{\partial E}{\partial u} = 0, \qquad G\dfrac{\partial G}{\partial u} - 2G\dfrac{\partial F}{\partial v} + F\dfrac{\partial G}{\partial v} = 0, \\[2ex] \dfrac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\log\left(\dfrac{\Omega}{EG-F^2}\right) = \dfrac{\partial}{\partial u}\left[\dfrac{G\dfrac{\partial E}{\partial v} - F\dfrac{\partial G}{\partial u}}{2(EG-F^2)}\right] + \dfrac{\partial}{\partial v}\left[\dfrac{E\dfrac{\partial G}{\partial u} - F\dfrac{\partial E}{\partial v}}{2(EG-F^2)}\right]. \end{cases}$$

A toute solution E, F, G de (2) correspond une famille de surfaces caractérisées par D, D′, D″ :

$$(3)\quad \begin{cases} D' = 0, \qquad DD'' = \Omega, \\[1ex] \log\dfrac{D''}{D} = \displaystyle\int \left\{\dfrac{\partial}{\partial u}\log\left(\dfrac{EG-F^2}{\Omega}\right) + \dfrac{E\dfrac{\partial G}{\partial u} - F\dfrac{\partial E}{\partial v}}{EG-F^2}\right\} du \\[2ex] \qquad\qquad - \left\{\dfrac{\partial}{\partial v}\log\left(\dfrac{EG-F^2}{\Omega}\right) + \dfrac{G\dfrac{\partial E}{\partial v} - F\dfrac{\partial G}{\partial u}}{EG-F^2}\right\} dv. \end{cases}$$

Si D_1, D''_1 sont un couple correspondant à un choix de la constante d'intégration, la solution générale de (3) est $D = e^{-t}D_1$, $D'' = e^t D''_1$ et cette nouvelle surface, associée à la première, donne à m la valeur $e^t + e^{-t}$.

5. A une solution *réelle* E, F, G correspondent ∞^1 surfaces *réelles*, sur lesquelles le réseau conjugué est *réel*, obtenues en faisant varier t de $-\infty$ à $+\infty$ par valeurs réelles; ces surfaces réelles se correspondent *sur toute leur étendue* point réel pour point réel. Mais l'adjointe de chaque surface s'obtient en augmentant t de $\pm i\frac{\pi}{2}$ et est *totalement imaginaire*.

6. En écrivant $u = u' + iv'$, $v = u' - iv'$, $E = e + ig$, $G = e - ig$, on transforme le système (2) en un système à coefficients réels entre e, g, F, u', v' et à toute solution *réelle telle que* Ω *soit négatif*, correspondent ∞^1 surfaces *réelles*, sur lesquelles le réseau conjugué est *imaginaire;* revenant aux

variables u, v, D et $(-D'')$ sont conjuguées, t est une imaginaire pure; les surfaces réelles s'obtiennent en posant $t = i\alpha$ et faisant varier α de o à 2π; augmenter α de π donne la surface symétrique de la surface α; l'adjointe de la surface α est la surface $\alpha \pm \frac{\pi}{2}$.

Les surfaces réelles se correspondent point réel pour point réel sur *toute leur étendue;* l'adjointe de chacune est réelle.

Pour $E = G = 0$, on a les surfaces minima; c'est le seul cas où le réseau conjugué est formé des lignes de longueur nulle. Je propose aux analystes l'étude du système (2) : elle sera féconde en résultats intéressants.

7. On peut remarquer que les deux premières équations (2) expriment que le réseau (u, v) est formé de géodésiques; on retrouve ainsi des surfaces signalées par Voss et Guichard; réciproquement une surface ayant un réseau conjugué formé de géodésiques répond à notre problème. La méthode que j'ai suivie ici a l'avantage de pouvoir faire la séparation, négligée jusqu'ici, entre le réel et l'imaginaire, de donner des types explicites, et de synthétiser des résultats dus à Bonnet, Lie et M. Hazzidakis, comme je le montrerai bientôt.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation conforme des aires simplement connexes.* Note de M. **Gaston Julia.**

Soit D un domaine borné simplement connexe du plan z ayant au moins deux points frontières et contenant l'origine.

Il est représentable d'une manière conforme sur un cercle $|Z| \leqq \rho$, à l'aide d'une fonction $Z = f(z)$ dont le développement en O est de la forme $z + a_2 z^2 + \ldots$. $f(z)$ est parfaitement déterminé par $f(0) = 0$, $f'(0) = 1$ et par ce fait que Z décrit un cercle quand z décrit D. ρ s'appelle le rayon de l'aire D. Parmi toutes les fonctions $\lambda(z)$ holomorphes dans D et dont le développement en O est de la forme $z + \ldots$, il y en a une et une seule pour laquelle le maximum de $|\lambda(z)|$ est le plus petit possible, c'est justement $f(z)$. Cela se voit immédiatement en transformant $\lambda(z)$ en $\lambda[\varphi(Z)] = \Lambda(Z)$, holomorphe dans $|Z| < \rho$, à l'aide de la fonction $z = \varphi(Z) = Z + \alpha_2 Z^2 + \ldots$ inverse de $Z = f(z)$. On a alors

$$\Lambda(Z) = Z + \ldots = Z[1 + \ldots]$$

et il est clair que le maximum de $|\Lambda : Z|$ dans $|Z| < \rho$ sera > 1, sauf si $\Lambda = Z$.

C'est pour $\Lambda = Z$ et par conséquent $\lambda(z) = f(z)$ que l'on réalise la plus petite valeur du maximum de $|\lambda|$ dans D. Cette propriété suggère de rattacher $f(z)$ aux fonctions dont les moyennes d'ordre p dans D (p positif indéfiniment croissant) sont minima [1].

1. Parmi toutes les fonctions $\lambda(z) = z + \ldots$, holomorphes dans D $[\lambda(0) = 0, \lambda'(0) = 1]$, *il y en a une et une seule qui rend minimum l'intégrale*,

$$I_p = \iint_D |\lambda(z)|^p \, d\sigma \qquad (p > 0),$$

$d\sigma$ étant l'élément d'aire du domaine D : *c'est la fonction*

$$f_p(z) = f(z)\,[f'(z)]^{\frac{2}{p}}.$$

En effet, en posant $z = \varphi(Z)$, on aura l'intégrale $\iint |\Lambda(Z)^p| \varphi'(Z)|^2 \, d\Sigma$ [C étant le cercle $|Z| < \rho$]. C'est une intégrale $\iint_C |\Lambda.[\varphi']^{\frac{2}{p}}|^p \, d\Sigma$ relative à la fonction holomorphe $\Lambda_1 = \Lambda.(\varphi')^{\frac{2}{p}}$, dans le cercle C. De plus,

$$\Lambda_1 = Z.\Lambda_2 = Z[1 + \ldots].$$

L'intégrale s'écrit, en posant $Z = Re^{i\theta}$,

$$I_p = \int_0^\rho R^{p+1} \, dR \int_0^{2\pi} |\Lambda_2(Re^{i\theta})|^p \, d\theta.$$

Or l'on a toujours

$$\int_0^{2\pi} |\Lambda_2(Re^{i\theta})|^p \, d\theta > 2\pi,$$

sauf dans le seul cas $\Lambda_2 = 1$. Le minimum de l'intégrale est donc $2\pi \frac{\rho^{p+2}}{p+2}$ et il est atteint par $\Lambda\varphi'^{\frac{2}{p}} = Z$, donc $\Lambda = z.\varphi'^{-\frac{2}{p}}$ et $f_p = f(f')^{\frac{2}{p}}$. On a donc à la fois la fonction f_p qui réalise le minimum de I_p et la valeur de ce minimum.

La moyenne d'ordre p de λ dans D sera $m_p = \left[\frac{I_p}{\sigma}\right]^{\frac{1}{p}}$ et son minimum $\rho^{1+\frac{2}{p}}\left[\frac{2\pi}{\sigma(p+2)}\right]^{\frac{1}{p}}$ sera atteint pour f_p. *Lorsque p devient infini, f_p tend uniformément vers $f(z)$ dans tout domaine intérieur à* D *et la moyenne minima tend*

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1201.

vers le rayon de l'aire. Ici encore la fonction f qui réalise la plus petite valeur de Max$|f|$ dans D est la limite de f_p qui réalise la plus petite valeur de la moyenne d'ordre p.

2. En supposant la frontière de D constituée par une courbe analytique γ, $f(z)$ est analytique sur γ et $\varphi(Z)$ l'est sur $|Z| = \rho$. L'intégrale

$$J_p = \int_\gamma |\lambda(z)|^p ds,$$

ds étant l'arc de γ, devient

$$\int_C |\Lambda|^p |\varphi'| dS = \rho \int_0^{2\pi} |\Lambda(\rho e^{i\theta})|^p |\varphi'(\rho e^{i\theta})| d\theta,$$

en supposant, bien entendu, λ holomorphe dans D et continue sur γ. Λ est alors holomorphe dans $|Z| < \rho$ et continue sur $|Z| = \rho$. Le minimum de l'intégrale précédente est $2\pi\rho^{p+1}$, et il est atteint pour la seule fonction $\Lambda\varphi' = Z$, d'où $\lambda = f(z)[f'(z)]^{\frac{1}{p}} = F_p(z)$. La moyenne d'ordre p de λ sur γ sera $\mu_p = \left[\frac{J_p}{l}\right]^{\frac{1}{p}}$ et son minimum $\rho^{1+\frac{1}{p}}\left[\frac{2\pi}{l}\right]^{\frac{1}{p}}$ sera atteint pour $F_p(z)$. *Lorsque* $p = \infty$, $F_p(z)$ *tend uniformément vers* $f(z)$ *dans tout domaine intérieur à* D *et la moyenne minima tend encore vers le rayon de l'aire*. Pour minimer la quantité [Max $|f|$ sur γ (et dans D)] on minime d'abord la moyenne d'ordre p, ce qui donne F_p, et l'on fait croître p vers l'infini, F_p tend vers f.

3. On peut appliquer la méthode à des intégrales telles que

$$j_p = \int_C |\lambda'(z)|^p ds \qquad \text{ou} \qquad i_p = \int\int |\lambda'(z)|^p d\sigma$$

dont certaines ($p = 1, 2$) ont été déjà étudiées et dont le minimum est justement fourni par $f(z)$ elle-même pour i_2 et pour j_1. Pour p quelconque, les fonctions minimantes s'expriment encore simplement à l'aide de $f(z)$, et le passage à la limite ($p = \infty$) donne un résultat exact, mais banal : la limite des fonctions minimantes est z, qui réalise le minimum de [max $|\lambda'|$ dans D]. Il y a de nombreuses extensions possibles, sur lesquelles il est inutile d'insister ici, et qui découlent toutes du principe rappelé à la fin des nos 1 et 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Construction d'une classe de fonctionnelles automorphes relatives à un noyau symétrique de Fredholm.* Note de M. **Rolin Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Soient $N_n(y, x) = \sum_i \frac{\psi_i(x)\psi_i(y)}{\lambda_i^n}$ le noyau itéré d'ordre n d'un noyau symétrique et c_i les coefficients de Fourier d'une fonction $f_0(x)$, relatifs au système orthogonal $\psi_i(x)$.

La fonction itérée d'ordre n, $f_n(x) = \int N_n(x, y) f_0(y)\, dy$ admet les coefficients $c_i \lambda_i^{-n}$; on peut convenir facilement d'attribuer à n des valeurs non entières.

Soit F une fonction des seuls produits $c_i \lambda_i^m$ telle que l'intégrale

$$\Phi|f_0(x)| = \Phi(c_1, c_2, \ldots) = \int_{m=-\infty}^{+\infty} F(c_1\lambda_1^m, c_2\lambda_2^m, \ldots)\, dm$$

soit convergente. La fonctionnelle Φ est automorphe pour toute substitution $f_0 \to f_n$, quel que soit n : $\Phi|f_0(x)| = \Phi|f_n(x)|$. Son domaine fondamental est l'hypersphère S : $\sum_i x_i^2 = 1$.

Construisons effectivement des fonctionnelles Φ.

Soit γ_i une suite de nombres tous différents de zéro et tels que la série $\sum_i \gamma_i^2 \lambda_i^{2m}$ converge quel que soit m; on prendrait $\gamma_i = \lambda_i^{-i}$, par exemple.

Supposons, ce qui n'est pas essentiel, que l'on ait $|\lambda_i| > 1$ et formons la fonction

$$\gamma(c, m) = \Sigma c_i^2 \gamma_i^2 \lambda_i^{2m}, \qquad \begin{matrix} \gamma = 0 \\ \gamma = +\infty \end{matrix} \quad \text{pour} \quad \begin{matrix} m = -\infty, \\ m = +\infty, \end{matrix}$$

puis deux fonctions

$$\alpha(c) = \alpha(c_1\lambda_1^m, c_2\lambda_2^m, \ldots) \quad \text{et} \quad \beta(c) = \beta(c_1\lambda_1^m, c_2\lambda_2^m, \ldots)$$

telles que l'on ait

$$|\alpha| < l\gamma^{p-1} + q \quad \text{et} \quad \beta > k\gamma^{\frac{1}{r}} - \rho,$$

quels que soient m et les c_i sur S; l, p, q, k, r, ρ représentent des constantes positives.

Les fonctionnelles

$$\mathfrak{I}(c) = \int_{m=-\infty}^{+\infty} \alpha(c)\, e^{-\beta(c)}\, d\gamma(c, m)$$

existent car

$$|\alpha|e^{-\beta} < l e^{\rho}\gamma^{p-1}e^{-k\gamma^{\frac{1}{r}}} + q e^{\rho} e^{-k\gamma^{\frac{1}{r}}}$$

et

$$\int_{\gamma=0}^{+\infty} |\alpha| e^{-\beta} d\gamma < \frac{lr e^{\rho}}{k^{pr}}\Gamma(pr) + \frac{qr e^{\rho}}{k^{r}}\Gamma(r).$$

Si les expressions α et β sont continues en chaque point de S quel que soit m, la fonctionnelle $\mathfrak{z}$ est également continue en chaque point de S.

La continuité est entendue ainsi : $r > 0$ étant donné, on peut prendre ε tel que $|\Delta\mathfrak{z}| = |\mathfrak{z}(c) - \mathfrak{z}(c')|$ soit inférieure à r pourvu que l'on ait, pour tous les i, $|c_i - c'_i| < \varepsilon$.

En effet : 1° Pour $-B^2$ assez petit, on a, quels que soient les c'_i sur S,

$$\int_0^{\gamma(c', -B^2)} |\alpha(c')| e^{-\beta(c')} d\gamma(c') < \frac{r}{5}.$$

2° Soit c_j un c_i différent de zéro et ε_1 un nombre tel que $|c_j - c'_j| < \varepsilon_1$ entraîne $c'^2_{ij} > \frac{c_j^2}{2}$. Alors $\gamma(c', m) > \frac{c_j^2}{2}\gamma_j^2\lambda_j^{2m}$ et, pour A^2 assez grand,

$$\int_{\gamma(c', A^2)}^{+\infty} |\alpha(c')| e^{-\beta(c')} d\gamma(c) < \frac{r}{5},$$

quels que soient les c'_i $(i \neq j)$, sur S.

Pour ε assez petit $\varepsilon = \varepsilon_2$

$$\int_{-B^2}^{A^2} \left|\alpha(c) e^{-\beta(c)} \frac{d\gamma(c)}{dm} - \alpha(c') e^{-\beta(c')} \frac{d\gamma(c')}{dm}\right| dm < \frac{r}{5}.$$

Si ε est pris égal au plus petit des deux nombres ε_1 et ε_2, l'intégrale qui fournit $\Delta\mathfrak{z}$, décomposée comme suit :

$$\int_{m=-\infty}^{+\infty} = \int_{-\infty}^{-B^2} + \int_{-B^2}^{A^2} + \int_{A^2}^{+\infty},$$

montre que $|\Delta\mathfrak{z}|$ est inférieure à $\frac{2r}{5} + \frac{r}{5} + \frac{2r}{5} = r$.

Prenons en particulier, $\beta = \gamma$ et $\alpha = \sum_i c_i^2 \alpha_i \gamma_i^2 \lambda_i^{2m}$ les $|\alpha_i|$ étant bornés supérieurement ; la fonctionnelle

$$R(c_1, c_2, \ldots) = \int_0^{+\infty} \alpha e^{-\gamma} d\gamma,$$

donne lieu aux relations $R(0, \ldots, 0, c_i, 0, \ldots) = \alpha_i$ et si $\alpha_i = (-1)^i$

$R(0, c_2, 0, c_4, 0, \ldots) = 1$ et $R(c_1, 0, c_3, 0, \ldots) = -1$. Les fonctionnelles $\mathfrak{z}(c)$ sont celles que j'avais en vue de former.

Remarques. — 1° On formerait par le même procédé des fonctionnelles automorphes indépendantes de la norme des fonctions f_0 et de tout facteur du noyau en prenant une fonction F, ou des fonctions α, β, γ des seuls rapports $\frac{c_i}{c_j}\left(\frac{\lambda_i}{\lambda_j}\right)^m$.

2° Si, au lieu des intégrales Φ, on construit des séries $\sum_{m=-\infty}^{+\infty} F$, le domaine fondamental s'étend de l'hypersphère S à l'hyperellipsoïde $\sum_i x_i^2 \lambda_i^2 = 1$ qui en est la première image.

3° La fonction aux coefficients de Fourier γ_i admet des antécédents de tout ordre; et une seule de chaque ordre (à un ensemble de mesures nulle près) si le rayon N est fermé; cela en vertu du théorème de Picard sur l'équation de première espèce.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformations de certains systèmes en involution d'équations aux dérivées partielles à deux variables indépendantes en une équation du premier ordre.* Note de M. G. Cerf, présentée par M. Goursat.

Dans une Note récente (¹), M. Gau a montré qu'un système en involution formé par une équation aux dérivées partielles du deuxième ordre et une équation d'ordre quelconque à deux variables indépendantes peut être transformé en une équation du premier ordre. Nous allons montrer que la proposition s'applique aux systèmes de Darboux de classe 1 (qui comprennent comme cas particulier celui qui a été considéré par M. Gau).

Soit S un tel système où nous supposons qu'à partir de l'ordre n, le nombre des équations indépendantes de tout ordre soit inférieur d'une unité à celui des dérivées de z de cet ordre. Considérons une transformation de surfaces définie par la relation directrice

$$Z = F(X, Y, Z, y, z, \ldots, p_{i,j} \ldots) \qquad (i + j \leqq n), \tag{1}$$

où l'on peut laisser figurer seulement des dérivées paramétriques de S, étant entendu qu'il y subsiste alors des dérivées d'ordre $n - 1$. Nous adjoi-

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1124.

gnons à (1) les relations habituelles

$$(2)\quad \begin{cases} P = Fx, \\ Q = Fy; \end{cases} \qquad (3)\quad \begin{cases} \dfrac{dF}{dx} = 0, \\ \dfrac{dF}{dy} = 0. \end{cases}$$

L'élimination des dérivées d'ordre n entre les équations (3) et celles de S conduit à la relation

$$(4)\qquad U(Fx, Fy, \ldots, Fp_{i,j}, \ldots, x, y, \ldots, p_{i,j}, \ldots) = 0$$

où ne figurent que des dérivées paramétriques de S. Si F vérifie identiquement (4), le système formé en adjoignant (1) à S est complètement intégrable.

Déterminons F par la condition :

$$(5)\qquad U = \Phi(X, Y, F, Fx, Fy)$$

où Φ est une fonction arbitraire des cinq arguments, non nulle.

A toute intégrale de S, la transformation (1) fait correspondre alors une intégrale de (6) :

$$(6)\qquad \Phi(X, Y, Z, P, Q) = 0,$$

et réciproquement, si F satisfait à (5) et si Z est une fonction de X, Y qui vérifie (6) le système formé en adjoignant à S l'équation :

$$Z(X, Y) = F(X, Y, x, y, \ldots, p_{ij}, \ldots)$$

est complètement intégrable.

Le système S est donc bien transformé en l'équation (6), sous les réserves d'usage dans toutes les questions où l'on a à effectuer des éliminations.

Ce qui précède fournit quelques remarques évidentes sur l'intégration de certains systèmes de Pfaff de caractère 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformation d'une équation aux dérivées partielles du second ordre en une équation du premier ordre*. Note [1] de M. E. Gau, présentée par M. E. Goursat.

Soit une équation du second ordre

$$(1)\qquad r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0.$$

[1] Séance du 25 mai 1926.

On sait le rôle important que jouent, dans l'étude de cette équation, les fonctions $\varphi(x, y, z, p_{1,0}, p_{0,1}, \ldots, p_{1,n-1}, p_{0,n})$, qui vérifient une identité de la forme

$$\frac{d\varphi}{dx} + m_2 \frac{d\varphi}{dy} \equiv \varphi(A\alpha + B\beta) \tag{2}$$

où α et β sont des constantes, et A, B, certaines expressions connues du 3e ordre. J'ai montré en 1911 (1) leur intérêt en ce qui concerne la méthode de Darboux et j'en ai donné récemment une étude détaillée (2); j'appelle une telle fonction : *fonction principale* d'ordre et d'indices (α, β).

I. Supposons tout d'abord que l'on connaisse trois fonctions principales d'ordres quelconques, mais à second indice nul : θ_1, θ_2, θ_3, d'indices

$$(\alpha_1, 0), (\alpha_2, 0), (\alpha_3, 0)$$

respectivement

Posons alors :

$$x' = \theta_1, \quad y' = \theta_2, \quad z' = \theta_3. \tag{3}$$

Cette transformation fait correspondre à toute surface (S) de l'espace (x, y, z), une surface (S') de l'espace (x', y', z'). Nous supposerons d'ailleurs toujours dans ce qui suit que (S) est une intégrale de l'équation (1). On aura les dérivées $p' = \frac{\partial z'}{\partial x'}$ et $q' = \frac{\partial z'}{\partial y'}$ au moyen des relations (3)

$$\frac{d\theta_3}{dx} = p' \frac{d\theta_1}{dx} + q' \frac{d\theta_2}{dx}; \qquad \frac{d\theta_3}{dy} = p' \frac{d\theta_1}{dy} + q' \frac{d\theta_2}{dy}. \tag{4}$$

Si l'on tient compte, d'une part, de ce que les fonctions θ vérifient les identités (2), et d'autre part, des équations (3), on obtient immédiatement

---

(1) *Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre.* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, **7**, 1911, p. 123).

(2) *Mémoire sur l'intégration de l'équation de la déformation des surfaces.* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, **42**, 1925, p. 89). M. Gosse qui ne connaissait pas mes résultats, a été conduit de son côté à faire également une étude approfondie de ces fonctions (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, **4**, 1925, p. 381).

J'adopte ici les notations utilisées dans tous ces Mémoires et qui sont d'ailleurs classiques depuis les *Leçons sur l'intégration des équations du second ordre* de M. E. Goursat.

(3) Ces relations ne donnent p' et q' que si les fonctions θ_1 et θ_2 sont indépendantes en x et y sur toute surface intégrale de (1).

(en supposant $A \neq 0$) la relation

(5) $$\alpha_3 z' = \alpha_1 p' x' + \alpha_2 q' y'.$$

La transformation (3) fait donc correspondre à toute surface (S) intégrale de l'équation (1) une surface intégrale (S′) de l'équation (5) qui est du premier ordre, et qui s'intègre immédiatement.

Réciproquement, à toute surface (S′), d'équation $F(x', y', z') = 0$ correspondent les surfaces (S) qui sont les solutions communes aux deux équations

$$r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0, \qquad F(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = 0;$$

on vérifie facilement que ce système est en involution.

II. Le cas où l'équation (1) admet trois fonctions principales d'indices quelconques se ramène au précédent. Si l'on connaît, en effet, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, d'indices (α_1, β_1), (α_2, β_2), (α_3, β_3), respectivement, on constate que les deux fonctions $\varphi_1^{\frac{1}{\beta_1}}, \varphi_2^{\frac{-1}{\beta_2}}$ et $\varphi_2^{\frac{1}{\beta_2}}, \varphi_3^{\frac{-1}{\beta_3}}$ sont principales et d'indices

$$\left(\frac{\alpha_1}{\beta_1} - \frac{\alpha_2}{\beta_2}, 0\right), \quad \left(\frac{\alpha_2}{\beta_2} - \frac{\alpha_3}{\beta_3}, 0\right).$$

En outre, l'expression $\Phi = \varphi_1^{\alpha_2\beta_3 - \alpha_3\beta_2} \varphi_2^{\alpha_3\beta_1 - \alpha_1\beta_3} \varphi_3^{\alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1}$ est une principale d'indices (0, 0), c'est-à-dire un invariant.

J'ai montré [1] alors que l'expression $\frac{d\Phi}{dy}$ est une fonction principale d'indices (1, 0). On connaît ainsi trois principales à second indice nul et l'on peut appliquer la transformation du paragraphe I.

III. Réciproquement : Si l'équation (1) admet un invariant elle admet trois fonctions principales, dans le cas tout au moins où l'invariant est d'ordre supérieur à 3. On sait, en effet, que le numérateur de l'invariant sera une fonction principale de la forme $p_{1,n-1} + m_1 p_{0,n} + u(x, y, z, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1})$; le dénominateur sera aussi une fonction principale V d'ordre $\geqq 3$ en général, et l'étude de la forme des fonctions principales (*loc. cit.*, p. 97) montre que l'existence de V entraîne celle de deux fonctions principales au moins. Cela fait en tout trois principales et l'on est ramené au cas précédent. L'étude complète de cette question et la discussion des divers cas seront exposées dans un travail ultérieur.

On peut déduire de là une démonstration plus claire et plus générale d'une proposition que j'ai déjà indiquée : Si l'équation (1) admet un invariant d'ordre supérieur à 3, elle admet un deuxième invariant et s'intègre par la méthode de Darboux [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 276.

IV. Nous venons de voir que si l'équation (1) s'intègre par la méthode de Darboux, il existe une transformation (3) qui la ramène au premier ordre. On peut voir, inversement, que si la transformation est possible, l'équation (1) s'intègre par la méthode de Darboux.

La méthode de Darboux revient donc, au fond, à chercher une transformation de la forme (3) qui ramène l'équation (1) à une équation linéaire du premier ordre. A ce point de vue, on pourrait peut-être obtenir, en généralisant la transformation (3), une généralisation de la méthode de Darboux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la méthode de Weierstrass.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

Dans une Note précédente (1) j'ai indiqué, sous le nom de méthode d'adjonction, un procédé permettant d'affirmer, moyennant certaines inégalités, qu'un arc d'extrémale fournit le maximum fort de l'intégrale

$$\text{(1)} \qquad I_C = \int_a^b f(x, y, \ldots, y^{(n)})\, dx \qquad (b > a);$$

le principe de ce procédé, rencontré à diverses reprises par plusieurs auteurs, et surtout dans l'ordre d'idées actuel par Weierstrass et par MM. Hadamard et Vessiot, mais dont j'ai entrepris l'étude systématique, consiste à former une intégrale curviligne I'_C satisfaisant aux conditions

$$\text{(2)} \qquad I_C \geqq I'_C; \qquad I_{C_0} = I'_{C_0},$$

C_0 étant un arc de courbe donné, et à étudier I'_C. On peut prévoir qu'il pourra exister plusieurs façons de déterminer I'_C et à chacune d'elles correspondra une *méthode d'adjonction*.

C'est une de ces méthodes que je vais étudier dans la présente Note et appliquer à l'intégrale (1) où l'on fait $n = 2$.

Soit $Oy'y''u$ un trièdre trirectangle. A chaque point $(\bar{x}, \bar{y})$ associons une *figurative* Γ :

$$u = f(\bar{x}, \bar{y}, y', y'').$$

Supposons que Γ tourne sa concavité vers les u positifs.

(1) *La méthode d'adjonction du Calcul des Variations* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 497-500).

Soit l'intégrale

$$I_C^{(1)} = \int_a^b \{ y'' f_{y''}(x, y, \varphi_1, \varphi_2) + y' f_{y'}(x, y, \varphi_1, \varphi_2) + f(\ldots) - \varphi_2 f_{y''}(\ldots) + \varphi_1 f_{y'}(\ldots) \} dx$$

obtenue en substituant à Γ son plan tangent en (φ_1, φ_2), ces fonctions étant astreintes à se réduire respectivement sur C_0 à $y'_0(x)$ et $y''_0(x)$. Elle satisfait aux inégalités (2). Intégrons par parties le terme en y'', $I_C^{(1)}$ se met sous forme d'une somme d'un terme tout intégré et d'une intégrale portant sur une expression qu'on peut écrire : $f^{(1)}(x, y, y')\,dx$.

Considérons alors dans un système d'axes $Oy'u_1$ la figurative

$$u_1 = f(\bar{x}, \bar{y}, y')$$

qui représente une parabole, qui tournera sa concavité vers les u_1 positifs si

$$(3) \qquad \frac{\partial}{\partial y} f_{y''}[x, y, \varphi_1(x, y), \varphi_2(x, y)] \leqq 0,$$

remplaçons cette figurative par sa tangente en φ_1. L'intégrale correspondante est une intégrale curviligne I'_C, et l'on aura pour toutes les courbes C ayant les mêmes extrémités que C_0 et qui lui sont tangentes en ces points

$$(4) \qquad I_C - I_{C_0} \geqq I'_C - I'_{C_0}.$$

Supposons maintenant que C_0 soit un arc d'extrémale et qu'il existe parmi les courbes intégrales de l'équation d'Euler

$$\frac{\partial f}{\partial y} - \frac{d}{dx}\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{\partial f}{\partial y''}\right) = 0$$

une famille Σ telle que par chaque point (x, y) il passe une courbe bien déterminée, et que les fonctions

$$\varphi_1(x, y) = y'(x); \qquad \varphi_2(x, y) = y''(x)$$

soient continues ainsi que leurs dérivées partielles des deux premiers ordres [y' et y'' étant prises en (x, y) sur la courbe de Σ passant par ce point]. On démontre alors facilement que I'_c porte sur une différentielle totale. Donc le second membre de 4 est nul et l'on voit que C_0 fournit bien l'extremum cherché, pourvu que (3) soit satisfaite.

Le processus que nous avons employé peut s'étendre aux intégrales (1) où $n > 2$, mais par contre on doit introduire de nouvelles inégalités se prêtant très difficilement à une étude générale. Au contraire, en consi-

dérant des figuratives dans l'équation desquelles y rentre comme variable indépendante, on est conduit à une méthode qui pour $n=1$ et $n=2$ suppose vérifiées des inégalités surabondantes, mais qui continue à s'appliquer si n est supérieur à 2.

Observons enfin qu'en posant

$$\varphi_1(x, y) = y'_0(x); \qquad \varphi_2(x, y)\, y''_0(x),$$

on obtiendrait facilement les conditions de semi-continuité de (1) et l'on traiterait le cas des variations unilatérales, en se servant de la formule de Green.

HYDRODYNAMIQUE. — *Remarques sur le problème des cavitations.* Note de M. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons étudié précédemment la dilatation et la contraction de cavités ayant la forme d'une sphère ou d'un cylindre de révolution ([1]). Démontrons que ces deux cas sont les seuls pour lesquels la surface de pression nulle se confond avec des surfaces équipotentielles. Si la surface

$$(1) \qquad \frac{p}{\rho} = \frac{p_0}{\rho} - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2\right] - \frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0$$

se confond aux instants t et $t + dt$ avec des surfaces équipotentielles, on a

$$(2) \qquad \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2 + \frac{\partial\varphi}{\partial t} = F(\varphi, t).$$

Les équations (1), (2) font voir que la vitesse et $\frac{\partial\varphi}{\partial t}$ doivent être, dans ce

---

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1278; *Bulletin technique du Service technique de l'Aéronautique*, f. 17, avril 1924, p. 25. La durée de la contraction complète d'une cavité sphérique, produite par l'explosion d'une mine, avait été calculée antérieurement par Besant et Lord Rayleigh, mais non la loi générale du mouvement. Dans le cas d'une cavitation cylindrique on peut démontrer, en appliquant le théorème des forces vives, que, si la pression à l'infini a une valeur finie, une cavitation qu'on ferait naître en contractant un cylindre immergé dans un liquide, ne se refermerait qu'avec une vitesse infiniment petite; d'autre part, si, en dépensant une énergie infinie, on obtenait à l'instant initial une vitesse d'expansion finie, la cavité cylindrique augmenterait ensuite indéfiniment.

cas, de la forme

$$(3)\qquad \sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}=f_1(\varphi, t), \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial t}=f_2(\varphi, t).$$

La première des équations (3) exprime que les lignes de courant sont des droites. En effet, en calculant la variation que subissent les cosinus directeurs d'une normale en un point m de la surface $\varphi = c$ lorsqu'on passe du point m à un point infiniment voisin de la normale, on trouve que cette variation est nulle.

Or les seuls mouvements dont les lignes de courant sont des droites dérivent des potentiels $\varphi = A(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{1}{2}}$ et $\varphi = A\log\sqrt{x^2+y^2}$ qui correspondent respectivement aux cavitations sphérique et cylindrique circulaire et, comme cas limite, à des cavitations planes ([1]).

Le problème général des cavitations consiste à déterminer la forme et le mouvement d'une surface de pression nulle S à l'instant t, connaissant la forme et le mouvement initial de cette surface, en tenant compte des forces extérieures agissant sur l'unité de masse.

Si $p = 0$ est et reste une surface fluide, il en sera de même de

$$(4)\qquad \frac{dp}{dt}=0, \qquad \frac{d}{dt}\frac{dp}{dt}=0, \qquad \ldots, \qquad \left(\frac{d}{dt}=\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x}+\frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial}{\partial y}+\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial t}\right).$$

Prenons le potentiel des vitesses sous la forme

$$(5)\qquad \varphi = \varphi_0+\varphi_1(t-t_0)+\frac{1}{2}\varphi_2(t-t_0)^2+\ldots.$$

Connaissant le mouvement et la forme de S à l'instant t_0, on peut calculer la fonction φ_0. Ensuite, en raison de l'équation des pressions, les valeurs initiales de $\frac{\partial\varphi}{\partial t}$ sur S et, par conséquent, la fonction φ_1. De même les équations (4) donneront les valeurs initiales de $\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}, \frac{\partial^3\varphi}{\partial t^3}, \ldots$ sur S et l'on pourra calculer de proche en proche les fonctions harmoniques φ_2, φ_3, ... La série (5) que l'on obtient ainsi satisfait formellement aux conditions du problème, mais il faudra démontrer dans chaque cas particulier la convergence de cette série.

([1]) Ce cas limite, qui permet de traiter d'une façon approchée quelques problèmes se rattachant à celui des cavitations, a fait l'objet d'une étude de M. B. Demtchenko.

Considérons maintenant le cas des cavitations produites par le mouvement de solides dans un liquide. Supposons que le solide est animé d'un mouvement uniforme et que la pression extérieure est d'abord suffisamment grande pour que le fluide glisse sur la paroi sans s'en détacher, mais, qu'à l'instant t_0, la pression extérieure diminue brusquement et les cavités apparaissent [1]. Connaissant le mouvement du solide on peut calculer la fonction φ_0 et la pression correspondante p' á la surface du solide. Pour déterminer la fonction φ_1 on peut admettre qu'en tout point de la surface S où $p' > 0$, $\frac{\partial \varphi_1}{\partial n} = 0$, et en tout point où $p' < 0$ les valeurs de φ_1 sur S sont définies par l'équation $p = 0$. On calculera ensuite, de proche en proche, les fonctions $\varphi_2, \varphi_3, \ldots$ et la pression $p \neq p'$.

ASTRONOMIE. — *Limites probables de l'âge du système planétaire, d'après la théorie de la radiation et les données cosmogoniques.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Le Soleil, dont la masse est $1,96 \times 10^{27}$ tonnes, perd actuellement par radiation 4 millions de tonnes par seconde : mais dans le passé sa température effective a dû atteindre 8000° (type F) au lieu de 6000°. En outre son diamètre, au moment de la formation du système planétaire, était 62,3 fois le diamètre actuel, d'après le premier terme de la loi des distances planétaires :

$$X_n = 62,3 + 1,886^n \quad \text{(en rayons solaires)}.$$

Alors sa perte de masse par radiation a pu atteindre 12000 fois, et avoir été depuis cette époque en moyenne de 5000 fois sa perte actuelle, le gain de masse météorique étant dès lors négligeable. Ainsi depuis la formation des planètes, le protosoleil a pu perdre un dixième de sa masse en 330 millions d'années. Les planètes auraient donc dû à l'origine être plus rapprochées de un dixième du Soleil : car de la constante des aires invariable dans chaque orbite ($K = \omega R^2$) et de la troisième loi de Képler applicable avec R et M variables, on déduit :

$$K^2 = RM. \tag{1}$$

Mais la loi des distances ($R_n = a + c^n$) est vérifiée aussi bien pour les

(1) Cette méthode peut aussi servir à l'étude expérimentale des cavitations.

satellites dont les planètes n'ont pas perdu de masse par radiation que pour les planètes. Or cette loi n'aurait pu subsister avec une masse variable M' pour le Soleil ($M' > M$). Car C ayant alors la valeur c' on aurait dû avoir d'après (1),

$$\frac{M}{M_1} = \frac{a + c'^n}{a + c^n},$$

ce qui est impossible pour plusieurs valeurs entières de n. Or d'après la précision des distances théoriques des planètes, M' n'a pu excéder M de plus de 0,1 depuis la formation des planètes, autrement dit, le Soleil depuis cette époque n'a pas rayonné plus de 330 millions d'années.

Avec ces mêmes données, il est impossible que le Soleil ait rayonné plus de 1 milliard d'années depuis la formation des planètes : car alors sa masse M' aurait été 1,33 M et d'après (1) Mercure aurait eu alors son orbite circulaire confondue avec l'équateur protosolaire. On ne peut concevoir comment Mercure serait sorti du Soleil après toutes les planètes formées.

Dans mon *Essai de Cosmogonie* (p. 91), j'ai pu déterminer la position initiale du nœud de l'Équateur d'Uranus ($L = 283°21'$) qui est actuellement à $L = 165°$. Il se serait donc déplacé de $241°,6$ dans le sens direct depuis l'origine. Ce mouvement direct pour Uranus est d'environ $0''66$ par siècle d'après la formule de la précession simplifiée; ce qui correspond en millions d'années à 131,7 pour 241°6 et à 196,4 pour 360°. On aurait donc pour la durée T depuis la formation des planètes et d'Uranus

$$T = 131,7 + n \times 196,4 \text{ (en millions d'années).} \tag{2}$$

Par ailleurs, d'après la cosmogonie dualiste, toutes les planètes ont le même âge remontant au choc de la Nova protosolaire. Or Lundmark estime à 20000 a. l. la distance des Novæ actuelles : en raison de l'attraction vers le centre de la Voie lactée, les Novæ primitives pouvaient être à la distance de 22000 a. l. Pour venir de cette distance jusqu'au centre où nous sommes, le système solaire, à la vitesse de 20^{km} aurait mis 327 millions d'années. Sur 2 milliards d'étoiles admettons que 800 millions aient par leur attraction appelé le Soleil à tomber de la distance 22000 a. l. au centre : la durée de cette chute aurait été de 323 millions d'années.

On suppose ici que le centre de la Voie lactée est celui des étoiles B de Charlier et non celui de Shapley qui, en indiquant le centre vers 60000 a. l. dans la direction du Sagittaire, semble avoir confondu le centre des moyennes distances des amas globulaires et du noyau de la Voie lactée avec le centre dynamique du système stellaire.

On voit par ce qui précède que, par des calculs indépendants et en faisant $n = 1$ dans la formule (2), on arrive à fixer vers 330 millions d'années la durée du système planétaire. En partant des belles théories de Russell et d'Eddington et y introduisant certaines hypothèses, on pourra un jour calculer le temps nécessaire pour réduire le diamètre du protosoleil de 62,3 à 1, diamètre actuel.

Évaluons maintenant la durée minima T_0 du système planétaire. En faisant $n = 0$ dans la formule (2) on trouve $T_0 = 131,7$. Jeans, reprenant la théorie de lord Kelvin, a trouvé $T_0 = 124$ millions d'années. Milaukowitch, par la chaleur de solidification des roches jusqu'au degré géothermique actuel, a trouvé $T_0 = 122$. Ces valeurs sont des minima puisque les auteurs ont négligé la chaleur radioactive.

Une seule objection subsiste : les roches radioactives précambriennes donnent des valeurs de T allant jusqu'à 1500 millions d'années. Mais on sait, par les recherches de Strutt, Joly et Holmes, que la radioactivité n'existe pas à plus de 16 à 20^{km} de profondeur au taux de celle du granit; car alors la Terre se réchaufferait. L'âge calculé par la radioactivité est celui des roches de surface et non l'âge de la Terre : or le noyau terrestre rapidement solidifié a, comme toutes les planètes, traversé la nébuleuse primitive où il a capté des matériaux radioactifs limités ainsi à une couche superficielle. L'âge de 1500 millions d'années peut être celui de la nébuleuse, mais non celui de la Terre. L'âge du Soleil peut être 10 fois plus grand que celui des planètes si sa masse plus grande qu'aujourd'hui a suffi à sa radiation pendant 3 milliards d'années.

SPECTROSCOPIE. — *Élargissement par absorption des raies de la série de Balmer.* Note de Mlle **M. Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Les raies spectrales peuvent être élargies par l'absorption de la source elle-même pour ses propres radiations, lorsqu'il existe le long du rayon visuel un grand nombre de particules lumineuses. Gouy a étudié ce phénomène en ce qui concerne les flammes colorées [1]. On peut se demander dans quelle mesure il faut attribuer à cet effet l'élargissement des raies de Balmer de l'hydrogène dans le spectre de l'étincelle condensée.

Afin de résoudre cette question, j'ai cherché comment varient l'éclat

---

[1] *Annales de Physique*, **13**, 1920, p. 188.

maximum et la largeur des raies H_β et H_γ lorsqu'une étincelle rayonne à travers une deuxième étincelle identique à la première. Pour cela je forme sur la même fente au moyen de bilentilles (désaxées dans le sens de la hauteur et non latéralement) deux images a_1 et a_2 d'une même étincelle A; une deuxième étincelle B en série avec la première jaillit à quelques millimètres en avant de A; sur les bilentilles sont disposés des diaphragmes tels que l'image a_1 soit formée par des rayons ayant traversé B, l'autre par des rayons ne l'ayant pas traversée; je photographie simultanément les spectres de a_1 et a_2 puis je recommence aussitôt la même opération, B étant cette fois sur le trajet des rayons formant l'image a_2; les quatre spectres obtenus sont alors étudiés au microphotomètre.

J'ai obtenu pour valeurs du rapport k entre les éclats du centre des raies dans le cas de deux étincelles sur la même ligne de visée et dans le cas d'une seule étincelle, les nombres suivants :

Pour H_γ avec une intensité maxima de courant de l'ordre de 300 ampères	1,78	1,87	1,70	1,72
Pour H_β dans le même cas....................	1,81 et 1,66			
Pour H_γ avec une intensité de l'ordre de 800 amp.	1,63 et 1,68.			

Les erreurs les plus difficiles à éviter viennent de ce que chacune des étincelles ne jaillit pas en un point rigoureusement fixe de l'électrode et malgré les précautions prises, ses déplacements sont parfois (pour 300 ampères) de l'ordre de grandeur de son rayon; cette cause peut faire commettre sur k une erreur par excès. *On peut donc conclure qu'il y a certainement absorption par la seconde étincelle et que cette absorption est de l'ordre de* 30 pour 100 *au centre de chaque raie.*

D'autre part, j'ai pu constater sur plusieurs groupes de spectres, un élargissement des raies de 8 à 12 pour 100 dû à l'absorption par la deuxième étincelle des radiations correspondant au maximum de chaque raie. Les observations ne permettent d'ailleurs que de mettre en évidence cet élargissement et d'en déterminer l'ordre de grandeur sans en fournir une mesure précise. Pour une raison analogue à celle qui vient d'être signalée, ces mesures peuvent être entachées d'erreur par défaut.

Or, si l'on admet $R = 1,7$ et si l'on suppose la courbe d'absorption d'une étincelle semblable à la courbe d'émission, on obtient théoriquement pour valeur de l'élargissement relatif $\frac{10}{100}$ pour H_β et $\frac{15}{100}$ pour H_γ (la différence de ces valeurs provenant d'une répartition différente de l'intensité lumineuse des deux raies). On peut donc considérer que les mesures de largeur des

raies apportent une confirmation satisfaisante aux mesures d'absorption.

On peut rapprocher du cas étudié (2 étincelles identiques sur la même ligne de visée) le cas d'une seule étincelle dans laquelle l'intensité du courant deviendrait quatre fois plus grande, ce qui doit avoir pour effet de doubler le nombre des particules lumineuses situées le long d'un même rayon visuel. J'ai étudié précédemment ([1]) la largeur l des raies en fonction du courant. Ces largeurs augmentent respectivement de 20 et de 30 pour 100 lorsqu'on passe de 200 à 800 ampères, donc, dans cette région, on peut attribuer une partie importante de l'élargissement des raies à l'effet d'absorption. Au contraire, pour les étincelles moins condensées, où l'absorption ne peut être que plus faible, l est plus que doublé lorsque le courant est quadruplé (par exemple lorsqu'on passe de 20 à 80 ou de 50 à 200 ampères); il faut alors admettre que l'effet de l'absorption est faible devant l'élargissement total et attribuer celui-ci à un autre effet tel que l'augmentation de la densité de courant et par suite du champ intermoléculaire.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres des éclairs.* Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. A. Cotton.

I. Le spectre des éclairs, photographié avec un prisme-objectif, montre, d'après Pickering, tantôt quelques larges bandes, tantôt un grand nombre de raies brillantes ([2]). Entre 5700 et 3850 Å, Fox a identifié le spectre de raies (le seul qu'il ait observé) avec celui d'une étincelle condensée, dans l'air, à la pression ordinaire ([3]).

Au-dessous de 3850 Å, le spectre ne paraît pas avoir été observé. J'ai cherché à l'étudier à l'aide d'un spectrographe à fente peu dispersif, mais très lumineux, muni de prismes et de lentilles de quartz ([4]). Lorsque l'appareil est bien orienté, un seul éclair suffit à impressionner la plaque; quelquefois, cependant, celle-ci a été exposée à une série d'éclairs successifs.

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 54.

([2]) E.-C. Pickering, *Astrophysical Journal*, **14**, 1901, p. 367.

([3]) Philip Fox, *Astrophysical Journal*, **18**, 1903, p. 294.

([4]) Spectrographe construit par MM. Fabry et Buisson pour l'étude de la nébuleuse d'Orion (*Journal de Physique*, 5e série, **4**, 1914, p. 357).

II. Sur 14 spectres obtenus de 1923 à 1925, 13 montrent seulement, dans l'ultraviolet, un fond continu relativement faible, sur lequel se détachent un petit nombre de larges bandes. On reconnaît à première vue des bandes de l'azote. Le tableau suivant donne les longueurs d'onde déterminées, sur un des clichés, par comparaison avec le spectre d'une lampe à vapeur de mercure. La faible dispersion utilisée (120 Å par millimètre vers 3500) limite à quelques Å la précision des mesures.

Éclair.		Azote. 2ᵉ groupe positif.	Azote. Groupe négatif.
Bande intense, nettement dégradée	3912 à 3800	–	3914
Bande large, intense. Début	3577	3577	–
» maximum secondaire	3536	3536	–
» fin approximative	3470	–	–
Bande plus étroite, intense	3370 à 3348	3371	–
Bande large, très faible, bord flou	3307	3309	–
Bande faible, bord net	3160	3160	–

La bande 3914 du groupe négatif est toujours, de beaucoup, la plus intense. On voit encore sur quelques spectres une bande très faible vers 2975, probablement identique à la bande 2976 du second groupe positif.

III. Dans les régions bleue et violette, 12 clichés montrent seulement deux bandes larges et faibles commençant vers 4650 et 4260 Å. Mais, sur un autre, ces bandes sont résolues en groupes plus étroits qui paraissent coïncider avec ceux observés par Fox dans la même région.

IV. Enfin le dernier spectre, obtenu en exposant une plaque panchromatique à une série d'éclairs éblouissants, présente un aspect tout différent. Sur un fond continu intense, couvrant de 6550 à 2860 Å environ, les bandes 3914, 3577, 3371, 3309, 3160 et 2976 n'apparaissent que faiblement, tandis que se détachent une série de raies ou de bandes étroites. Au-dessus de 3850 elles coïncident avec celles décrites par Fox; au-dessous elles semblent encore appartenir au spectre de l'étincelle dans l'air. Leurs longueurs d'onde, déterminées par comparaison directe avec le spectre d'un tube à néon (1), sont données ci-après.

(1) Ce tube émettait en outre le spectre de l'hélium et des raies appartenant au spectre rouge de l'argon.

		Fox.	Spectre de l'air (1).
Raie très nette....	5004	5003,7	5005 5001
			4676
Bande très diffuse, vers les grands λ.	4670 (?) 4600	4660 4603	4662 4601 } groupe de raies
Raie faible........	4530	4529	4530
Raie diffuse (?)....	4438	4439	4447 4415 } groupe de raies
Raie diffuse.......	4346	4349	4349 4348
Bande très diffuse.	4248 4222		4247 4237
Centre...	4236	4236	4228
Bande............	4183 4142	4183 4143	4186 4133 } groupe de raies
Bande............	4116 4085	4106 4074	4119 4073 } groupe de raies
Raie diffuse.......	4041	4041,5	4041
Raie très nette....	3993	3997	3995
Raie diffuse.......	3438	"	3438
Raie intense......	3328	"	3329
Raie faible........	3007	"	3007

Du côté des grandes longueurs d'onde, on voit encore quatre bandes très faibles vers 6500, 6100, 5370 et 5190 Å, dont les positions n'ont pu être exactement repérées.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure complexe du spectre du cuivre.* Note (2) de M. C.-G. **Bedreag**, présentée par M. de Broglie.

L'application de la loi de variation des degrés de multiplicité spectrale ΔU des éléments par rapport à la succession de leurs nombres atomiques ΔN :

$$\frac{\Delta U}{\Delta N} = \pm 1$$

au groupe Fe, Co, Ni, Cu, Zn, montre que l'on doit s'attendre pour le

(1) Joseph Scharbach, *Zeitschrift für wissenschaftiche Photographie*, 13, 1913, p. 164.

(2) Séance du 25 mai 1926.

cuivre à des doublets complexes et à des quartets, qui constituent ensemble un spectre complexe, répondant à la configuration électronique (2.8.17).2, à côté des doublets de Rydberg (ou spectre normal) répondant à la configuration électronique (2.8.18).1.

Nous donnons, dans ce qui suit, deux exemples de quartets, situés l'un dans la région λ3483, 3512, 3545 et le second dans la région 3621, 3635, 3645.

1. *Quartet* p^a-d^a, λ3483, 3512, 3545. — Il est constitué par les raies suivantes :

	Å.	Intensité.	ν.	Classe de King.	
p_3-d_4...	3483,75	(8)	28696,51	I	raie assez fine, intense
p_2-d_3...	3487,53	(1)	28665,41	–	raie faible, assez fine
p_1-d_2...	3498,04	(3)	28579,29	–	raie assez intense et fine
p_2-d_2...	3512,11	(6)	28464,80	I	raie intense, diffusée par des compagnons voisins $4p_2-6d$ et $4p_2-6f$
p_1-d_1...	3513,26	(1)	28455,48	–	raie nouvelle, fine, compagnon de λ3512
p_3-d_3...	3519,97	(4)	28401,24	I	raie intense, assez fine
p_2-d_1...	3527,46	(4)	28340,93	I	raie intense, fine
p_3-d_2...	3544,93	(2)	28201,28	–	raie assez intense et fine

2. *Quartet* p^b-d^b, λ3621, 3635, 3645. — Il est constitué par les raies suivantes :

	Å.	Intensité.	ν.	Classe de King.	
p_3-d_4...	3621,23	(12)	27607,09	I	raie intense, fine
p_3-d_3...	3635,90	(5)	27495,70	–	» » »
p_3-d_2...	3645,22	(4)	27425,40	–	» » »
p_2-d_3...	3632,50	(3)	27521,43	–	» » »
p_2-d_2...	3641,70	(4)	27451,90	arc (2)	raie intense, fine
p_1-d_2...	3639,6	(1,5)	27467,75	–	raie nouvelle, faible, fine
p_1-d_1...	3643,6	(1)	27437,59	–	raie nouvelle, faible, fine
p_2-d_1...	3645,7	(0,5)	27421,79	–	raie à peine séparée de 3645,22

Les raies qui composent ce quartet se trouvent données dans Kayser-Konen et ce sont des raies assez intenses; nous donnons comme raie nouvelle une raie de longueur d'onde 3513,26, prévue par le calcul, et qui fut trouvée sur les clichés pris dans cette région avec le spectrographe à réseau et le spectrographe à quartz. Dans le but de chercher cette raie, nous avons fait varier les conditions d'émission et nous avons trouvé que dans l'arc sous 200 volts, on trouve à côté de la raie λ3512,11 les raies

3513,26; 3514,8 et 3511,6; les premières appartiennent à ce quartet; les deux autres sont les combinaisons $4p_2$-$6d$ et $4p_2$-$6f$.

A propos du quartet donné ci-dessus, nous constatons que la règle de Preston est vérifiée : les raies ont l'aspect semblable; la règle des intensités est suffisamment suivie; les intervalles sont pour les termes Δd : 123,81 et 123,87; 200,50 et 200,04; 395,27; pour les termes Δp : 114,55 et 114,49; 263,52 et 264,17. La règle des intervalles est observée exactement pour les intervalles Δd, qui sont dans le rapport $124 : 200 : 295 = 3 : 5 : 7$; elle n'est pas suivie pour les intervalles Δp, où l'on constate $114 : 264 < 3 : 5$.

Dans l'autre exemple, on constate au contraire que les intervalles Δp sont comme $3 : 5$, les Δd n'étant pas exactement comme $3 : 5 : 7$.

Puisque les intervalles Δd et Δp ne sont pas très grands, l'ensemble du quartet se présente comme un groupe serré de raies, qui offrent l'aspect d'un multiplet. Les quatre raies les plus intenses font partie de la même classe de lignes de King.

On trouve cinq raies intenses, dont deux se trouvent parmi les raies de King; deux raies nouvelles de faible intensité mais très distinctes, une raie faible à peine séparée de la raie intense 3645,2 dans un spectre à réseau pris avec une fente d'environ $0^{mm},015$.

L'aspect d'ensemble des raies est le même, la règle des intensités est exactement suivie; les intervalles sont pour les d : 30,16 et 30,11; 69,33 et 70,30; 111,39; pour les p : 15,80 et 15,85; 26,50 et 25,73; la règle des intervalles exacte pour les $\Delta p - 16 : 26 = 3 : 5$ est moins bien vérifiée pour les $\Delta d - 30 : 70 : 111 < 3 : 5 : 7$.

Comme les intervalles Δd et surtout Δp sont très petits, les raies de ce quartet se présentent comme un ensemble plus serré que le précédent.

Enfin pour les deux quartets, les raies deviennent plus intenses au voisinage des pôles; mais elles ne sont pas trop diffuses.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le passage du courant dans les sels solides.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. Perrin.

Lorsque, par l'intermédiaire d'électrodes, on applique une force électromotrice constante à un sel solide maintenu à température assez élevée pour le rendre conducteur, on observe que le courant à travers le sel baisse d'autant plus vite que le champ appliqué est plus intense et la température plus élevée. Ainsi, avec du $BaCl^2$ maintenu à 231°, alors que la chute de courant était

seulement de 7 pour 100 en 10 minutes sous 2 volts, sous 100 volts elle atteignait 8 pour 100 en 1 minute, 25 pour 100 en 10 minutes; à 327°, toujours sous 100 volts, elle dépassait 17 pour 100 au bout d'une minute et 71 pour 100 après 10 minutes.

Cette polarisation apparente, qui diminue très lentement à circuit ouvert, n'est qu'en faible partie localisée sur les électrodes; elle tient pour la plus grande part au développement progressif de densités solides de signes contraires dans la masse intérieure, dans les régions qui avoisinent les électrodes; l'existence de ces densités a été mise en évidence par Seelen (1) en étudiant la loi de distribution des potentiels le long d'un cristal de sel gemme parcouru par le courant.

Ces phénomènes de polarisation interne qui s'exagèrent à température croissante sont l'origine vraisemblable des divergences que présentent les données expérimentales relativement à la loi de variation thermique de la conductibilité des sels solides et particulièrement de NaCl. Alors que Benrath et Wairoff (2), puis Rautenfeld (3), l'interprètent par la formule

$$\log c = a + bt, \tag{1}$$

Joffé (4) et Seelen (1) donnent

$$\log c = a - \frac{b}{273 + t}. \tag{2}$$

On peut également noter comme cause d'erreur agissant dans le même sens que la polarisation le fait que, lorsque la température varie, le sel mauvais conducteur de la chaleur, n'a pas en général même température moyenne que la soudure thermo-électrique chargée de la déterminer.

Ces deux causes interviennent pour modifier dans le sens de (2) des résultats conformes à la formule (1). La question présentant un certain intérêt, en raison de l'interprétation à donner du phénomène, j'ai déterminé sur quelques sels les conductibilités relatives pour trois températures fixes et bien déterminées, points de solidification de Sn, Pb et Zn. Le sel — petite perle soudée à deux fils de platine (5) — est introduit dans le bain

(1) SEELEN, *Zeitsc. für Phys.*, **29**, 1924, p. 125.

(2) BENRATH et WAIROFF, *Zeitsc. für phys. Ch.*, **77**, 1921, p. 257.

(3) RAUTENFELD, *Ann. der Phys.*, **72**, 1923, p. 617.

(4) JOFFÉ, *Ann. der Phys.*, **72**, 1923, p. 461. J'avais également conclu dans le sens de la formule (2) (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 206).

(5) La fusion préalable du sel augmente notablement sa conductibilité sans paraître modifier la loi de variation.

métallique par l'intermédiaire d'un tube de silice fermé à un bout et, après que celui-ci a été maintenu une demi-heure environ au point de solidification, la résistance de la perle est déterminée par la méthode du pont. Pour chaque mesure la force électromotrice est limitée à la valeur qui correspond à une approximation du centième environ ([1]), le courant qui est inversé d'une lecture à l'autre ne passant chaque fois que le temps nécessaire à reconnaître le sens de la déviation.

Dans le tableau qui suit, c désigne la conductance mesurée, en mhos, t_1 et t_2 les températures de solidification de Zn déduites de celles de Sn et Pb et des $\log c$ par applications respectives des formules (1) et (2).

	log c.				
	Sn.	Pb.	Zn.	t_1.	t_2.
NaCl	$\bar{9}.143$	$\bar{8}.574$	7.909	416,6	456,3
KBr	$\bar{9}.304$	$\bar{8}.926$	$\bar{6}.446$	416,3	456
$BaCl^2$	$\bar{8}.499$	$\bar{7}.936$	5.312	418,3	459,6
Na^2SO^4	$\bar{8}.716$	$\bar{6}.138$	$\bar{5}.490$	417,6	458,5

L'avantage est nettement à la formule (1), les valeurs trouvées pour t_1 étant celles qu'on pouvait attendre du degré de précision des mesures, degré qui pour les résistances les plus grandes ne dépassait guère le vingtième.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Discussions et expériences récentes sur les rayons X mous.* Note de M. F. **Holweck**, présentée par M. J. Perrin.

I. Dans des publications récentes, M. Dauvillier a rectifié ([2]), dans le sens que j'avais prévu, un certain nombre des résultats obtenus dans ses premières expériences sur les rayons X mous. Il me semble utile, la question étant complexe, d'établir un parallèle montrant comment ont évolué les différentes convictions, de façon qu'il soit possible de se faire facilement une opinion.

([1]) Cette approximation parait suffisante étant donnée la rapidité de la variation.

([2]) Sans cependant le dire explicitement.

M. Dauvillier.	*M. Holweck.*
Première publication (1). — Les rayons mous sont constitués presque exclusivement de rayons caractéristiques; ainsi la courbe intensité-voltage du rayonnement d'une anode de W montre de fortes discontinuités à 40, 75, 240, 280 volts correspondant aux niveaux O, $N_{1,2,3}$, $N_{4,5}$, $N_{6,7}$, en accord avec les mesures de haute fréquence.	Les rayons mous excités par des électrons frappant un corps lourd (W, Mo, Ta) sont constitués presque exclusivement de fond continu; il est impossible de mettre en évidence des discontinuités dans la courbe intensité-voltage d'une anode de W. Les prétendues discontinuités sont dues à un manque de précision dans le tracé des courbes (erreur possible de 3 pour 100 sur un point, points de 10 en 10 volts); elles disparaîtront dans des mesures plus soignées et 280 volts est K du carbone (du celluloïd) (2).
Deuxième publication (3). — La discontinuité de 280 volts est bien K du carbone. Il est impossible d'étudier par cette méthode le véritable rayonnement du W. Dans l'étude d'anodes de Ta et de Mo on ne voit que K du carbone.	D'accord. En même temps tombent toutes les suggestions, que j'avais réfutées, pour expliquer l'absence de discontinuité dans mes courbes.

Il semble donc définitivement établi que le spectre de rayons mous des corps lourds se compose presque exclusivement d'un fond continu. Par contre les corps légers, perturbés dans leur niveau K ou L, manifestent brillamment leurs raies caractéristiques. Un seul point reste légèrement obscur : quelle est la valeur respective de l'intensité du fond continu dans ces deux cas? Dans des expériences anciennes (1921) j'avais indiqué que ces valeurs étaient voisines, contrairement à ce qui se passe dans le domaine des hautes fréquences. Cette mesure difficile sera reprise avec précision, maintenant que nous connaissons le moyen de fermer le tube à rayons par une feuille mince étanche ne contenant pas de carbone, une lame de B^2O^3 par exemple.

Un autre point reste à discuter : quelle est l'origine de la discontinuité observée aux environs de 280 volts (exactement 280,5 et 287,5 volts) attribuée à K du carbone (car cette valeur se place avec précision sur la courbe de Moseley contenant mes différentes mesures, le potentiel d'ioni-

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 575, et *Bull. Séances Soc. Phys.*, n° **228**, 5 mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 779.

(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 927.

sation de l'hélium et les séries de haute fréquence). J'avais depuis longtemps écarté de l'hypothèse l'excitation du celluloïd par les électrons diffusés par l'anode, car à un rayonnement du celluloïd, comparable à celui de l'anode (ce qui serait le cas), devrait correspondre sur le film mince une quantité de chaleur de l'ordre de grandeur de celle dégagée sur l'anode; or celle-ci peut être portée au rouge pendant très longtemps sans inconvénient pour la feuille étanche. Cette opinion avait été renforcée par la persistance de la discontinuité de 280 volts dans le rayonnement du tube lorsque la feuille de celluloïd est protégée par une feuille d'aluminium battu. M. Dauvillier, qui met en doute ce résultat, émet les opinions suivantes :

a. *Une feuille d'aluminium battu possède de nombreux trous.* — La transparence d'une semblable feuille (après les bandes L) n'est cependant que de 3 pour 100 environ, la surface des trous est donc inférieure à cette valeur.

b. *Une feuille d'or battu est pratiquement exempte de trous.* — Des microphotographies comparées de feuilles d'Al et d'Au [1] montrent au contraire que la surface des trous y est du même ordre.

c. *Une feuille d'or placée entre la feuille de celluloïd et l'anode supprimerait la discontinuité de* 280 *volts.* — Ceci est inexact, l'effet produit est le même qu'il s'agisse d'Al ou d'Au : la discontinuité subsiste et, ce qui est plus significatif encore, la modification apportée au rayonnement par la feuille d'or est exactement la même que celle-ci soit placée avant ou après la feuille de celluloïd. Les courbes étudiées par mesures croisées entre 200 et 300 volts, avec de nombreux points précis, sont *exactement* identiques.

II. Différents composés de l'azote ont été étudiés par la méthode précédemment indiquée [2]. NH^3 a montré une discontinuité unique à 397 volts, tout à fait analogue à celle de N^2O. La bande d'absorption de NO a une structure fine identique à celle de N^2 : 397, 400, 405 volts. Les deux corps à structures fines présentent des valences libres. La première ionisation critique des différents composés azotés se produit exactement pour la même valeur (397 volts, à moins de 1 volt près).

---

(1) L'examen de l'or étant fait en lumière rouge pour éviter la lumière transmise.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 779.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le tétrafluorure de carbone.* Note MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lors de la préparation du glucinium par l'électrolyse d'un bain fondu constitué par un mélange de fluorure de ce métal avec un fluorure alcalin, l'un de nous a eu l'occasion de constater la formation à l'anode d'un produit gazeux contenant du fluor et du carbone. Cette même production de gaz fluocarboné a été retrouvée lors de notre étude critique des procédés de préparation du fluor par l'action du courant sur le fluorure acide de potassium fondu.

Nous avons déterminé quelle était la nature des composés prenant naissance dans ces conditions, et nous avons en outre étendu nos recherches à ceux qui résultent de l'action directe du fluor sur les diverses variétés de carbone.

En soumettant au refroidissement dans l'air liquide les gaz provenant de nos différents essais, nous avons toujours observé la formation d'un liquide incolore qui donnait ensuite, par évaporation, des fractions à points d'ébullition nettement différenciés. Un tel mélange commence à bouillir vers — 150° et les dernières portions sont encore liquides à — 80°.

Dans la présente Note, nous nous occuperons uniquement du gaz le plus difficilement liquéfiable qui est aussi le plus abondant. Ce composé a été isolé à l'état de pureté à la suite de distillations fractionnées répétées; son point d'ébullition est très voisin de — 150°; sa densité à 0° et 760 a été trouvée égale à 3,034.

Ce gaz est inodore et sans action sur l'eau. Il n'est pas attaqué par la potasse aqueuse et est insoluble dans la potasse alcoolique. Il s'est révélé comme particulièrement stable, rappelant la résistance aux réactifs déjà reconnue à l'hexafluorure de soufre. La potasse fondue ne réagit pas sur lui à 740°.

Ne pouvant nous étendre ici sur l'ensemble des propriétés de ce composé, nous signalerons seulement trois réactions principales nous ayant permis d'établir sa composition.

Le sodium, chauffé dans ce gaz, s'attaque lentement à partir de 300°. A 500°, la réaction est rapide et se produit avec incandescence. Elle se réalise selon l'équation

$$CF^4 + 4Na = C + 4FNa$$

dont la vérification a été faite qualitativement et quantitativement.

Le calcium réagit à des températures variant entre 600° et 700°, selon son état de division et toujours avec incandescence. Son intervention est moins simple que celle du sodium, car on constate, à côté du fluorure de calcium et du carbone libre, une quantité plus ou moins grande de carbure de calcium. Il y a superposition des deux réactions ci-dessous :

$$5Ca + 2CF^4 = C^2Ca + 4F^2Ca,$$
$$2Ca + CF^4 = C + 2F^2Ca.$$

Le fluorure de calcium peut être recueilli et servir au dosage du fluor.

Le verre n'est pas attaqué au-dessous de son point de fusion. En chauffant ce gaz dans un tube de quartz à 1100°, on parvient à en décomposer une assez grande portion; mais quelle que soit la durée de la chauffe, on ne peut atteindre une destruction totale. Dans cette action qui a été répétée un très grand nombre de fois, il a toujours été constaté que, pour un volume de gaz détruit, il se formait un volume de tétrafluorure de silicium et un volume d'anhydride carbonique souillé d'une petite quantité d'oxyde de carbone. Nous avons établi expérimentalement que la production d'oxyde de carbone, que l'on ne saurait expliquer par la dissociation du gaz carbonique à cette température, résultait de l'action secondaire de la chaleur sur le mélange de ce dernier avec le tétrafluorure de silicium.

La composition centésimale de ce gaz a pu être déduite des données fournies par l'étude quantitative des trois réactions ci-dessus. Elle correspond à celle du tétrafluorure de carbone F^4C.

D'autre part, la densité trouvée donnée plus haut équivaut à un poids moléculaire de 87,38, le poids moléculaire de tétrafluorure de carbone étant 88.

Le gaz décrit antérieurement sous le nom de tétrafluorure de carbone, par Henri Moissan et par Chabrié, possédait des propriétés très différentes. Il était liquide à — 15° et attaquable par la potasse alcoolique.

En raison de ces divergences, nous avons dû reprendre l'étude critique des procédés de préparation donnés par ces savants, et nous avons constaté qu'Henri Moissan, qui ne pouvait disposer des moyens de séparation physique dont bénéficient actuellement les laboratoires, grâce à l'air liquide, avait certainement obtenu un mélange assez complexe, où des produits moins volatils que le tétrafluorure dominaient. Il signale d'ailleurs que, dans l'action du fluor sur le carbone notamment, il se produit plusieurs composés fluorés.

Le gaz décrit par Chabrié, résultant de l'action du fluorure d'argent sur

le tétrachlorure de carbone chauffé à 220° en tube scellé, est également un mélange contenant comme principal constituant un fluochlorure, F^2Cl^2C.

Le tétrafluorure de carbone dont nous venons d'indiquer la préparation et de décrire quelques-unes des principales propriétés, peut donc être considéré comme un composé chimique nouveau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires dans la série des α.α.α-alcoyldiaryléthanols.* Note de M^{me} **Ramart** et de M^{lle} **Amagat**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (1), l'une de nous a indiqué une méthode qui permet de préparer des éthers alcoyldiarylacétiques. Par réduction, ces éthers donnent naissance à des alcools primaires entièrement substitués en α :

$$\begin{matrix} R_1 \diagdown \\ Ar{-}C - CO^2R' \\ Ar_1 \diagup \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R_1 \diagdown \\ Ar{-}C - CH^2OH. \\ Ar_1 \diagup \end{matrix}$$

En dehors de l'intérêt que présentait l'obtention de molécules à structure très ramifiée, ces alcools devraient nous servir de matière première pour l'étude de transpositions moléculaires qui se produisent nécessairement si on leur enlève une molécule d'eau. Nous pouvons aussi comparer l'aptitude migratrice de différents radicaux.

Nous avons déjà montré (2) que, par déshydratation de l'α.α-diphényl-propanol, on obtient le 1.3-diphényl-1-propène. Dans ce cas c'est le radical phényle qui subit la transposition

$$\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C - CH^2OH - H^2O \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CHC^6H^5.$$

Dans la présente Note, nous exposerons la préparation de quelques termes de cette série ainsi que l'étude des produits de déshydratation du triphényl-2.2.3-propanol-1. Par enlèvement d'une molécule d'eau à cet alcool, on peut concevoir la formation de deux carbures isomères suivant le sens de la transposition

$$\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>\!C - CH^2OH \begin{matrix} \nearrow & (C^6H^5)^2C = CHCH^2C^6H^5 & \quad (I) \\ \searrow & \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>\!C = CHC^6H^5 & \quad (II) \end{matrix}$$

---

(1) M^{me} Pauline Ramart, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 396.

(2) M^{me} Ramart et M^{lle} Amagat, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 899.

En fait, traité par P^2O^5, le 2.2.3-triphénylpropanol a donné naissance, par déshydratation, à deux carbures auxquels l'analyse assigne la formule brute $C^{21}H^{18}$ et qui fondent respectivement à 89° et à 63°. Les deux carbures (I) et (II) sont signalés dans la littérature. Le triphényl-1.1.3-propène-1, qui fond à 87°, a été préparé et étudié par Bakunin [1].

Le triphényl-1.2.3-propène-1 a été décrit par Klages et Heilmann [2] comme fondant à 63°. Les analyses et les points de fusion nous permettaient donc d'assigner respectivement à nos deux carbures les formules (I) et (II). D'autre part, nous avons reproduit ces composés par une méthode différente et nous avons pu, pour le carbure fondant à 63°, identifier le carbure de déshydratation et le carbure de synthèse par le point de fusion du mélange. Nous avons également préparé synthétiquement le triphényl-1.1.3-propène-1, mais nous ne l'avons pas encore obtenu à l'état solide. Une impureté dont nous n'avons pu le débarrasser l'empêche sans doute de cristalliser.

Les proportions relatives suivant lesquelles se forment les deux carbures lors de la déshydratation du triphényl-2.2.3-propanol-1 sont très différentes; il se fait surtout du triphényl-1.2.3-propène-1.

C'est donc le radical phényle qui est le plus mobile.

Au cours de ce travail, nous avons préparé les composés suivants qui n'étaient pas encore connus ou qui avaient été obtenus par des méthodes différentes :

Triphényl-2.2.3-propanol-1 $\begin{matrix} C^6H^5CH^2 \\ (C^6H^5)^2 \end{matrix}\!\!>\!C - CH^2OH$. — S'obtient en réduisant le diphénylbenzyl acétate de benzyle par le sodium et l'alcool absolu (au cours de cette réduction il se forme à côté du triphénylpropanol, produit normal de la réduction, du triphényléthane qui provient de la coupure de l'éther au voisinage de l'atome de C tertiaire). Ce carbinol bout à 240° sous 16^mm et fond à 80°. La phényluréthane fond à 169°, son dérivé benzoylé fond à 95°.

Triphényl-1.2.3-propanol-2 $\begin{matrix} C^6H^5CH^2 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OH}{C} - C^6H^5$. — S'obtient en condensant le chlorure de benzyle magnésium avec la désoxybenzoïne. Il fond à 86°-87°.

---

[1] Bakunin, *Gaz. Italiana*, 30, 1900, p. 340.

[2] Klages und Heilmann, *Ber. D. C. G.*, 37, 1904, p. 1447.

Cet alcool a été préparé par Klages et Heilmann [1] par une méthode différente.

*Triphényl-*1.2.3-*propène*-1 $\genfrac{}{}{0pt}{}{C^6H^5CH^2}{C^6H^5}\!>\!C = CHC^6H^5$. — Ce carbure se forme en traitant l'alcool par P^2O^5. Il a été préparé par Orekoff [2].

Ce composé bout à 232°-240° sous 16^{mm} et fond à 63°-64°.

*Triphényl-*1.1.3-*propanol*-1 $(C^6H^5)^2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - CH^2CH^2C^6H^5$. — S'obtient en faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur le γ-phénylpropionate d'éthyle. Il fond à 87°. Il avait déjà été obtenu par une méthode différente par Bakunin [3].

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez l'*Allium ursinum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Dans une Note antérieure [4], relative à l'*Anthericum ramosum*, je démontrais que les lois générales qui président au développement du proembryon sont identiques chez les Monocotylédones et les Dicotylédones. Les recherches poursuivies depuis lors ont pleinement confirmé cette opinion, dont l'énoncé demande néanmoins à être légèrement modifié. Il n'y a pas, d'une part, des règles exclusivement applicables aux Monocotylédones, et, d'autre part, des lois propres aux Dicotylédones; mais il existe, dans toute la série des Angiospermes, des types de développement bien définis, présentant entre eux des rapports plus ou moins étroits, auxquels viennent indifféremment se rattacher des plantes mono- ou dicotylédonées.

Les observations dont l'*Anthericum ramosum* a été l'objet ont permis d'établir, quant aux lois qui régissent la marche des premières segmentations, des analogies très nettes avec les Renonculacées, une des très rares familles dont l'étude embryogénique venait alors d'être effectuée. Des

(1) *Loc. cit.*

(2) Orekoff, *Ber. D. C.G.*, 47, 1914, p. 89.

(3) *Loc. cit.*

(4) R. Souèges, *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez l'*Anthericum ramosum (*Comptes rendus*, 167, 1918, p. 34).

différences importantes étaient néanmoins apparues dans les destinées des diverses parties du proembryon. Ces mêmes différences se retrouvent chez l'*Allium ursinum* et, dans une certaine mesure, on y rencontre également les mêmes analogies.

A partir d'une tétrade, semblable, par son mode de construction, à celle que l'on observe chez l'*Anthericum* et chez les Renonculacées, les cloisonnements présentent

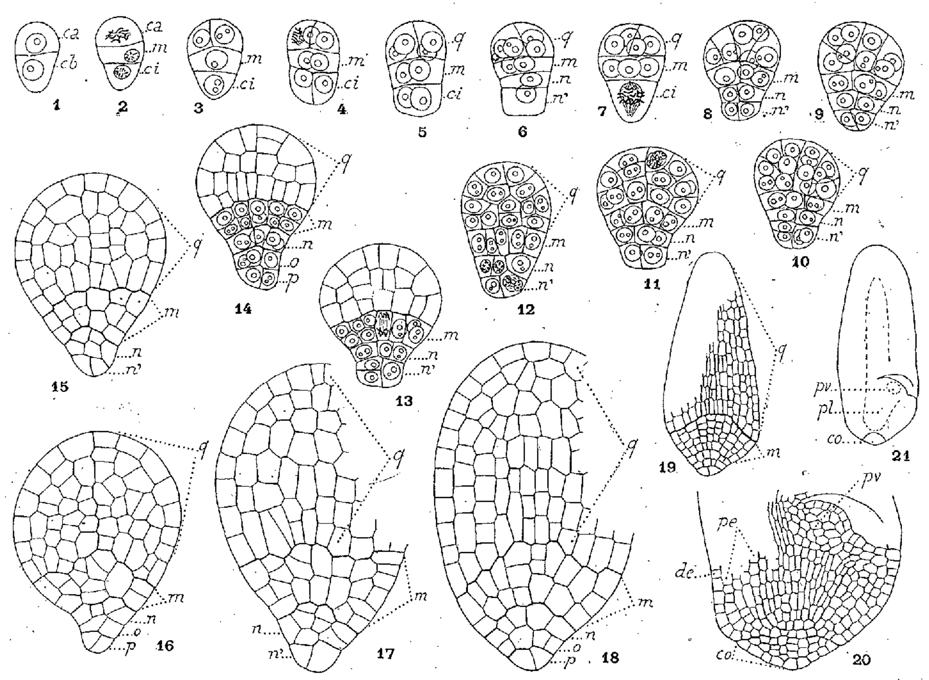


Fig. 1 à 21. — *Allium ursinum* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule fille supérieure de *cb*, ou étage moyen du proembryon; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*, ou étage inférieur du proembryon; *q*, quadrants; *n* et *n'*, éléments ou assises issus de *ci*; *o* et *p*, éléments issus de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pv*, point végétatif de la tige; *co*, coiffe. G. = 290; 80 pour les figures 19 et 20; 30 pour la figure 21 qui représente schématiquement l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 20.

des variations intéressantes. D'une manière tout à fait générale, la cellule inférieure *ci* (*fig.* 1, 2, 3) se cloisonne verticalement pour donner deux cellules juxtaposées, comme on peut le voir en 4 et 5. Le proembryon octocellulaire ne présente ainsi que trois étages : au sommet les quatre cellules-quadrants, une partie moyenne, *m*, constituée de deux éléments juxtaposés, un étage inférieur composé de même de deux cellules placées côte à côte. En 6, la cellule *ci* s'étant segmentée transversalement, les deux cellules-filles sont superposées et le proembryon offre l'aspect normal que l'on rencontre le plus généralement chez les Angiospermes. Un peu plus tard, les deux cel-

lules juxtaposées issues de *ci* se divisent transversalement pour donner deux paires cellulaires superposées *n* et *n'* (*fig.* 7, 8). Les deux cellules inférieures superposées de la figure 6 peuvent aussi se segmenter verticalement pour engendrer une disposition tout à fait comparable.

D'autre part, les quadrants se cloisonnent le plus souvent par des parois verticales ou obliques (*fig.* 8, 9, 10), de sorte que la portion supérieure du proembryon qu'ils contribuent à édifier n'apparaît pour ainsi dire jamais divisée en deux étages, correspondant, l'un à des octants supérieurs, l'autre à des octants inférieurs. Les segmentations paraissent se succéder assez irrégulièrement dans cette région (*fig.* 11 à 17); au terme de la vie proembryonnaire, les éléments les plus intérieurs s'allongent selon l'axe et indiquent ainsi la séparation du plérome et du périblème (*fig.* 18, 19). Toute cette partie du proembryon, issue des quadrants, donne naissance au cotylédon.

La partie moyenne *m* engendre l'hypocotyle. On peut voir comment les deux éléments qui la représentent dans les figures 4 à 6 se multiplient dans un plan horizontal (*fig.* 7 à 12), comment, un peu plus tard, il se constitue deux assises (*fig.* 13, 14), puis un plus grand nombre, aux dépens desquelles se produit finalement la différenciation des tissus primordiaux (*fig.* 17, 18, 20). Les parties inférieures du proembryon, originaires de la cellule *ci*, donnent la coiffe et les initiales de l'écorce au sommet de la racine, par conséquent un véritable tissu hypophysaire. Il n'y a pas de suspenseur. Le plus souvent, les deux cellules juxtaposées, visibles en *n* (*fig.* 8 à 10), se multiplient dans un plan horizontal et ce sont seulement les cellules centrales de ce plan cellulaire qui fournissent les initiales de l'écorce. Les cellules issues de *n'*, après avoir donné quatre cellules circumaxiales, se segmentent transversalement (*fig.* 10, 13, 14) pour engendrer deux assises, *o* et *p*, de quatre éléments, aux dépens desquelles se développe une coiffe de petites dimensions.

Dans leurs traits essentiels, les lois du développement sont les mêmes chez l'*Anthericum ramosum* et chez l'*Allium ursinum*. La tétrade et, dans certains cas, le proembryon octocellulaire s'édifient de manière identique. Chez les deux espèces, les deux étages *q* et *m* donnent naissance, l'un au cotylédon, l'autre à l'hypocotyle. Les particularités qu'on pourrait relever chez l'*Allium ursinum* seraient les suivantes : 1° il n'apparaît pas d'octants, les segmentations des quadrants étant obliques ou verticales; 2° il ne se forme pas de suspenseur, les cellules les plus inférieures du proembryon entrant dans la constitution de la coiffe; 3° les tissus à l'extrémité radiculaire paraissent nettement séparés.

BOTANIQUE. — *Sur les bases cytologiques de la théorie du mycoplasma.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Lorsqu'on observe des préparations provenant de tissus végétaux ayant subi des phénomènes de dégénérescence, fixées et colorées, on constate généralement l'existence dans les cellules de globules nettement chromophiles. On est à même d'interpréter leur origine, si l'on a fait l'observation parallèle de cette dégénérescence sur des préparations *in vivo*, c'est-à-dire non fixées.

On peut distinguer dans les préparations fixées et colorées les catégories suivantes de granulations pseudo-nucléolaires, ressortissant chacune à des méthodes histologiques différentes :

1° Méthode de fixation par le bichromate-formol (Regaud), coloration à l'hématoxyline ferrique : granules plus ou moins fusionnés de substance albumino-lipoïde provenant du chondriome-plastidome, et notamment de la substance du plaste chlorophyllien;

2° Méthodes mettant en évidence les substances huileuses (par exemple les méthodes chromo-osmiques telles que celle de Benda) : gouttelettes plus ou moins fusionnées provenant de la dégénérescence huileuse, du pigment chlorophyllien, qui viennent s'ajouter aux granulations précédentes;

3° Ces deux ordres de méthodes mitochondriales peuvent également mettre en évidence des mitaplastes (« mitochondries inactives ») persistant dans certains cas au cours de la dégénérescence;

4° Divers fixateurs et colorants de la métachromatine (exemple : bleu de méthylène, bleu crésyl, bleu de Unna, etc.). Granulations de métachromatine éparses dans la cellule-hôte après dégénérescence de suçoirs mycéliens.

La dégénérescence des éléments propres de la cellule résulte d'une action directe ou indirecte (modifications de la pression osmotique, notamment) sous l'effet du parasite; celle des suçoirs mycéliens, d'une réaction défensive de la cellule envahie.

Nous pensons que les « nucléoles » que le savant suédois J. Eriksson, au cours de ses beaux travaux de Phytopathologie, a décrits comme appartenant au Mycoplasma et qui en constitueraient la preuve histologique, ne sont autres que des produits de dégénérescence ayant une ou plusieurs des origines ci-dessus.

CRYPTOGAMIE. — Thalassoascus Tregoubovi (*nov. gen., nov. sp.*), *pyrénomycète marin, parasite des Cutlériacées.* Note [1] de M. G. **Ollivier**, présentée par M. L. Mangin.

Un assez grand nombre de *Zanardinia collaris* (Ag.) Crouan, et quelques *Aglaozonia* de mes récoltes de 1925 et 1926, à Villefranche-sur-Mer, se montrèrent porteurs, à leur face supérieure, de sphères noires d'environ $0^{mm},5$ de diamètre. Ces sphères contiennent les organes reproducteurs d'un thalle filamenteux, parasite, qui se développe à la face inférieure et à l'intérieur de *Zanardinia* et *Aglaozonia;* je ne l'ai jamais observé sur leur face supérieure.

Description du parasite. — Appliqué sur la face inférieure de l'hôte, le thalle libre du parasite est constitué par des filaments d'une file de cellules ayant 25 à 35^{μ} de longueur et 3 à 5^{μ} de diamètre. Ces filaments ramifiés en réseau sont d'abord incolores, puis brun plus ou moins foncé, suivant leur âge : cette coloration est due à une modification de la membrane, le cytoplasme hyalin ne renferme pas de plastes colorés.

Le parasite pénètre dans une ou un petit nombre de cellules de l'assise inférieure de *Zanardinia;* les filaments bruns s'y transforment en un faux tissu qui envahit puis remplace complètement une partie du thalle parasité : ce massif, d'assez faible étendue, est la base d'une sphère reproductrice.

Action sur l'hôte. — Les *Zanardinia* parasités, de même que ceux qui ne l'étaient pas, ont produit en janvier de nouveaux thalles. C'est seulement dans les régions du thalle qui portent, comme je l'ai parfois constaté, de 10 à 20 tubercules sphériques par centimètre carré que le *Zanardinia* est détruit et ne produit pas de disques nouveaux.

Reproduction du parasite. — Les sphères noires sont formées d'un faux tissu très compact qui se transforme en filaments libres, rayonnant tout autour de la cavité centrale. Cette cavité s'ouvre à l'extérieur par un orifice très étroit situé au pôle supérieur.

a. D'octobre à janvier, la plupart des sphères observées renfermaient des massifs de filaments très serrés, plusieurs fois polychotomes, à l'extrémité desquels s'isolaient de petites cellules ovales de 2 à 3^{μ}, sans appendice et non motiles. Ces éléments deviennent très rares ensuite.

---

(1) Séance du 25 mai 1926.

b. Au printemps, les sphères récoltées ont même aspect extérieur, mais renferment parmi des filaments stériles de nombreuses asques d'environ 200$^{\mu}$ de longueur et 100$^{\mu}$ de diamètre.

A son complet développement, chaque asque contient 8 spores lisses, incolores, dont le contenu est fortement coloré par l'iode en brun rougeâtre. Les spores sont divisées par une cloison transversale en deux cellules ayant chacune la forme d'une calotte sphérique plus grande qu'une demi-sphère. La déhiscence de l'asque se fait vers son milieu par une déchirure circulaire.

Les spores, émises à l'extérieur, forment à l'orifice du périthèce une masse blanchâtre.

Position systématique. — La plante parasite de *Zanardinia* et *Aglaozonia* que j'avais d'abord cru pouvoir rapprocher du genre *Melobesia*, en diffère totalement par sa vie parasitaire, son appareil végétatif (1), l'absence de plastes colorés, la forme des conceptacles (2), la formation d'asques typiques (3), etc., tous caractères qui la rapprochent par contre des Sphériacées parmi les Pyrénomycètes. Dans un travail complémentaire, je ferai connaître avec les détails d'organisation, le mode de formation des asques et la répartition du parasite dans la rade de Villefranche-sur-Mer, le rôle qu'il faut attribuer et le nom qu'il faut donner aux organes reproducteurs d'hiver.

Dès maintenant je propose de considérer ce curieux parasite comme un champignon ascomycète : *Thalassoascus Trégoubovi*, dédiant l'espèce au Dr G. Trégouboff, sous-directeur du laboratoire maritime de Villefranche-sur-Mer.

---

(1) Paul Lemoine (Mme), *Structure anatomique des Mélobésiées* (*Ann. Inst. Océan. de Monaco*, 2, fasc. 2, 1901, p. 17 et suiv.).

(2) Rosanoff, *Rech. anatom. sur les Mélobésiées* (*Mém. Soc. imp. de Cherbourg*, 12, 1866, p. 39 et suiv.).

(3) Solms Laubach, *Corallinaceæ d. Golf von Neapel* (*Fauna et Flora des Golf von Neapel*, 4, 1881, p. 50).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les Hématocarotinoïdes et les Xanthocarotinoïdes.* Note de M. **Théodor Lippmaa**, présentée par M. Guignard.

On connaît trois types de plastes : les plastes incolores, les chloroplastes verts et les chromoplastes colorés en rouge ou en jaune.

Il est probable que la substance plasmique — le stroma — a les mêmes propriétés chez ces divers plastes. Mais, jusqu'à ce jour, rien n'a été publié sur les différences chimiques et physiques de cette substance diversement colorée. La classification des plastes est basée seulement sur la diversité des pigments que contient leur stroma.

Les recherches que j'ai entreprises sur les plantes renfermant des chromoplastes m'ont persuadé que cette classification a besoin d'être complétée, et que, particulièrement, les chromoplastes peuvent être classés en trois groupes : les hématoplastes, les xanthoplastes et les chromoplastes (pris en un sens plus restreint).

A. *Xanthoplastes.* — Les xanthoplastes proviennent des chloroplastes ou en représentent le premier stade. Ils renferment des carotinoïdes jaunes, de la carotine et de la xanthophylle, et sont toujours pourvus de pigments verts. Ils se trouvent dans des organes étiolés, dans des jeunes pousses de certaines plantes, dans des feuilles panachées et des feuilles automnales jaunes d'un grand nombre de plantes.

B. *Hématoplastes.* — Les hématoplastes proviennent directement des plastes et contiennent des carotinoïdes rouges (rhodoxanthine, lycopine, etc.). Ils ne contiennent ni carotine, ni xanthophylle, ni les pigments verts (chlorophylles *a* et *b*). Les hématoplastes s'observent facilement dans les cellules épidermiques des feuilles colorées en rouge de *Haworthia*, *Gasteria*, *Reseda*, et d'autres plantes. Ordinairement, ils se trouvent dans le voisinage des noyaux cellulaires et sont colorés en rouge carmin à cause de leur teneur en rhodoxanthine.

C. *Chromoplastes* (au sens restreint). — Ils forment le premier stade des chloroplastes ou bien ils dérivent de ces derniers. Ils contiennent peu de chlorophylle, mais beaucoup de xanthophylle et de carotine, et aussi d'autres carotinoïdes (rhodoxanthine, lycopine, etc.). A ce groupe appartiennent surtout les chromoplastes qui se développent dans des organes végétatifs de différentes espèces de *Selaginella, Equisetum, Haworthia, Gasteria, Taxus,*

Juniperus, *Bulbine*, *Scirpus*, *Reseda*, *Buxus*, etc. Leur coloration est toujours plus ou moins brunâtre ou d'un rouge jaunâtre.

Les hématoplastes montrent clairement que l'existence de la lycopine, de la rhodoxanthine et d'autres carotinoïdes analogues ne dépend nullement de la présence de la chlorophylle. La chlorophylle, au contraire, se montre toujours accompagnée de deux carotinoïdes : la carotine et la xanthophylle. Ces faits, ainsi que les indications qui vont suivre, nous permettent de diviser les carotinoïdes en deux groupes biologiques.

A. *Xanthocarotinoïdes*. — Dans ce groupe se trouvent les deux carotinoïdes jaunes qui accompagnent la chlorophylle : la carotine et la xanthophylle (ou les xanthophylles d'après Tswett.)

B. *Hématocarotinoïdes*. — La lycopine, la rhodoxanthine, etc., se montrent souvent indépendantes de la chlorophylle. Elles ont une couleur plus intense que les carotinoïdes indiqués plus haut.

Dans les organes végétatifs, on trouve les hématocarotinoïdes essentiellement dans des plantes qui ne contiennent pas les pigments rouges du suc cellulaire (anthocyanine). Dans les organes générateurs, au contraire, ils se montrent souvent aussi chez des plantes qui contiennent de l'anthocyanine. Ce fait singulier pourrait s'expliquer de la manière suivante : la fonction des pigments du suc cellulaire est la même que celle des hématocarotinoïdes. Cette hypothèse d'unité se base sur les faits suivants :

1° La distribution morphologique et histologique des deux sortes de pigments (anthocyanines et hématocarotinoïdes) est la même.

2° La suite chronologique dans l'apparition des anthocyanines et des hématocarotinoïdes est la même.

3° Les facteurs qui influencent leur formation positivement ou négativement sont aussi les mêmes.

Il est à noter que, jusqu'à présent, plusieurs de ces faits étaient inconnus; j'ai pu les prévoir en me basant sur l'hypothèse d'unité [1].

En ce qui concerne la fonction commune des pigments anthocyaniques et des hématocarotinoïdes, il faut noter que la localisation des anthocyanines et des hématocarotinoïdes dans la cellule et la structure chimique de ces corps sont très différentes. Donc, les propriétés chimiques de ces deux

---

(1) Th. Lippmaa, *Das Rhodoxanthin*, etc. (*Schrift. d. Naturf. Ges. bei. d. Univ. Tartu, Dorpat*, Bd 24, 1925, p. 83).

substances et leur localisation dans la cellule ne doivent pas être déterminatives de leur fonction.

Il en résulte que les anthocyanines et les hématocarotinoïdes ont probablement, dans les organes végétatifs, une fonction écologique qui est en relation avec leurs propriétés optiques.

Le manque de pigments rouges n'est pas directement nuisible pour les plantes de la région que j'habite (Esthonie); les albinos peuvent y exister. Mais il n'en est pas de même pour les régions, comme dans l'Asie centrale, où règne une insolation intense; les albinos y sont rares. Les observations que j'ai faites dans l'Altaï, par exemple, tendent à démontrer ce fait.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la perception simultanée et monoculaire de deux images différentes du même objet.* Note de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Hérubel**, présentée par M. d'Arsonval.

Une nouvelle expérience confirme nettement la théorie de la perception monoculaire du relief exposée dans notre Note des *Comptes rendus* du 16 février 1926.

Une lunette terrestre permet à l'observateur de recevoir simultanément deux images différentes des mêmes objets. L'une est donnée par la moitié gauche de l'objectif, l'autre par la moitié droite. La moitié gauche reçoit les rayons lumineux directement et la moitié droite par l'intermédiaire de deux surfaces réfléchissantes à écartement variable (miroir ou prisme à réflexion totale).

En masquant successivement la partie libre de l'objectif et la surface réfléchissante externe, on s'assure que l'observateur reçoit bien deux images des mêmes objets. Il est alors facile de donner à l'observateur, et à son insu, la perception successive ou simultanée des deux images. Les images sont nettes, quand elles sont vues successivement, et confuses, quand elles sont vues simultanément et que les surfaces réfléchissantes sont parallèles entre elles. Une inclinaison convenable de la surface réfléchissante externe donne à l'observateur une image unique et nette. La sensation de relief devient alors plus grande et augmente avec l'écartement des deux surfaces réfléchissantes.

PHYSIOLOGIE. — *Radiations et chlorophylle.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Les recherches que nous exposerons s'inspirent de l'idée que *tout pigment cellulaire est un produit de viviréaction*. Il réagit à l'action chimique, ou biochimique, d'un certain groupe de radiations.

Au sujet de la *loi de viviréaction* en général, nous avions établi (¹) que celle-ci concerne la défense des opérations cellulaires, opérations essentiellement oxydantes. *Tout pigment biologique est alors protecteur des combustions organiques*. Examinons d'abord quelques faits nouveaux.

I. *Absorption des radiations*. — On introduit deux feuilles de *fusain* dans chacun des trois tubes à essais suivants : le premier sert de témoin, le second est placé à l'intérieur d'une grande éprouvette remplie d'eau colorée au *rouge carmin ;* le troisième est dans une eau colorée au *violet de gentiane*.

Les feuilles sont orientées de la même façon, leur surface verte ou interne regardant le dehors.

Au bout de 50 jours de cette exposition (25 sept.-13 nov. 1923), la *verdeur chlorophyllienne ne s'est conservée que sous l'écran rouge*. Dans les deux autres cas, lumière totale ou bleu-violet ont altéré le pigment ; il est devenu noir ou marron, donnant à la feuille un aspect de brûlé ou de cuit.

Par conséquent, la *chlorophylle maintient son état physique dans les radiations peu réfrangibles qu'elle absorbe ;* dans les autres, elle le perd quasi totalement.

Les tubes avaient été remplis d'une solution un peu nutritive : glucose et carbonate de soude à 8 pour 1000. L'effet de la solution fut *plasmolytique*, amincissant le limbe et dessinant les nervures, mais n'enlevant que des traces de chlorophylle.

Si, au lieu de feuilles intactes, on s'adresse à la *solution alcoolique de chlorophylle* (feuilles d'épinards, et filtration sur toile serrée), on constate exactement les mêmes résultats. En outre, un tube tenu à l'obscurité, sous papier noir, montre une solution en assez bon état, comme dans le cas de l'écran rouge. L'expérience a duré 21 jours (19 novembre-10 décembre 1923).

(¹) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 921 et 1021.

II. *Diffusion et chlorophylle.* — Une observation plus curieuse est celle de *la diffusion des pigments à travers un milieu visqueux*, en l'espèce l'ovalbumine.

Trois tubes à essais, remplis d'ovalbumine, sont complétés par *un centimètre cube* de solution chlorophyllienne à l'alcool (a), de rouge carmin (b) et de violet de gentiane (c). On suit la marche de la diffusion du colorant. En dix jours, la vitesse a varié de 1 à $0^{mm},06$ par heure, en général. Mais on a, respectivement, et rapportées à 100, les valeurs ci-dessous :

Violet de gentiane	100
Chlorophylle *verte*	156
Rouge carmin	176

Ainsi la vitesse de diffusion augmente du violet au rouge. Elle dépend sans doute de plusieurs causes, mais l'état physique du colorant en est une, et elle explique la couleur. Or les longueurs d'onde des trois couleurs considérées sont entre elles comme 100, 121 et 147. D'où *le parallélisme de la diffusion des pigments avec la longueur d'onde de leurs couleurs.* En outre cette inégalité de diffusion entraîne *une coagulation de l'ovalbumine croissante du violet au rouge.*

Liquide et coulante encore dans le violet, l'ovalbumine est un peu figée dans le cas de la chlorophylle, et les grains de ce pigment s'y voient *bien distincts* et en suspension, tandis qu'elle est en gros trabécules de coagulum dans le rouge carmin.

Conclusion. — Par sa couleur verte, le pigment des feuilles retient les radiations rouges, la couleur complémentaire, et ce sont les plus compatibles avec la persistance de la chlorophylle. Non seulement, elles favorisent sa constitution physique et maintiennent l'aspect de verdeur qui lui est propre, mais elles aident aussi à sa diffusion. Ses grains se dispersent à travers le protoplasma en éléments distincts, sans se dissoudre, sans se ramasser en tas. Le pigment chlorophyllien est, de tous les pigments végétaux, celui qui réalise, au sein de la cellule, un travail régulier en tous ses points et par l'absorption des radiations les moins réfrangibles du spectre lumineux.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'anatomie des organes du vol chez les Phasgonuridées actuelles et chez les Protolocustides du Houiller.* Note de M. **P. Vignon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai étudié au Muséum la nervation alaire des Sauterelles récentes et primitives : celle des premières d'après notre superbe collection d'Orthoptères exotiques, qui renferme un nombre suffisant de nymphes bien conservées, celle des Protolocustides d'après les remarquables types de Commentry. Des photographies directement agrandies, permettront de faire ressortir les homologies et de définir les cas notables. Voici les résultats généraux de mon étude.

Pas plus que Comstock et Needham je n'ai rencontré de trachée vraiment costale : une trachée, que précèdent un ou deux petits troncs accessoires, naît de la sous-costale près de la base; après avoir envoyé des rameaux dans l'angle proximal de l'aile, cette trachée rejoint le bord costal. A l'aile postérieure des Sauterelles récentes, ce dispositif de début mène progressivement à une longue nervure marginale, articulée comme le serait une costale vraie. J'appellerai pseudocostale cette première veine haute, courte ou longue. Quand la sous-costale finit, parfois très brusquement, longtemps avant l'apex, la radiale directe R_1, qui passe pour obligatoirement simple, devient rameuse. Voir déjà *Archæacridites Bruesi*. Le secteur de la radiale, R*s*, veine qui naît haute et devient basse, peut perdre, dès le Houiller, un ou plusieurs de ses quatre rameaux; il peut aujourd'hui être simple. A l'aile postérieure des Ptérochrozées R_1 émet, chez divers genres, deux rameaux successifs en guise de secteur. Sur l'élytre actuel il arrive que R*s* soit une veine haute, que l'on trouve alors précédée d'un ou plusieurs rameaux équivalents. La médiane M est une veine basse : sauf, à l'élytre, sur « l'épaule » et, à l'aile postérieure actuelle, quand elle s'écarte franchement de la radiale. Elle envoie à la cubitale antérieure une courte branche haute (M_5 de Tillyard chez les Holométaboliques). Je trouve M_5 pourvue, ou non, d'une trachée. Je n'ai pas observé de médiane antérieure. Chez les Gryllacrides, M peut être soudée longuement à R_1. La cubitale C se divise en CA et CP (C_1 et C_2 de Comstock). CA émet CA_1, dont Comstock néglige l'étude,

et CA_2 (C_1 et C_2 de Tillyard : qui n'a pas pas observé CP). CA, dans le sillon anal, est une veine très basse : CA_2 la prolonge. A l'élytre, CA_1 fait un coude brusque et monte à la rencontre de M_5 pour constituer, dès le Houiller, la cellule « médio-cubitale » : laquelle peut aujourd'hui disparaître, soit par destruction de M_5, soit par accolement basilaire de M et de CA. CA_1, veine haute, était primitivement rameuse : on observe CA_{1a} et CA_{1b} chez les Dectiques. Secondairement CA_1 s'allonge plus ou moins près du bord d'élytre. A l'aile postérieure actuelle, fondamentalement, le coude de CA_1, comme toute cette nervure, existe aussi. CA_1 a d'ailleurs conservé souvent, et parfois à lui seul, des macrotriches : qu'il arrive de trouver transformés en petits organes terminés par une coupole hyaline. CA_1 émet postérieurement un rameau que j'ai trouvé jusqu'ici dépourvu de trachée et qui, semblant prolonger M_5, rejoint CA_2 très obliquement. CA_1 court ensuite devant la ligne, convexe, de reploiement de l'aile. Mais CA_1 peut disparaître; même, auparavant, son coude initial peut devenir inobservable. Toute la branche oblique de jonction entre M et CA, branche qui commence par M_5, peut finir par manquer (*Typophyllum*, *Rhodopteryx*). Exceptionnellement CA_1 coexiste avec un fort rameau M_4, très concave chez *Hemigyrus* : à défaut de CA_1, M_4 peut en jouer le rôle devant la ligne de reploiement, comme veine cette fois haute. Au surplus, des complications secondaires multiples peuvent naître apicalement entre médiane et cubitale antérieure; les choses peuvent aussi être très simples, comme au Houiller. Il arrive aujourd'hui que M soit seulement bifurquée, ou soit simple, apicalement. M peut être simple sur une aile et bifurquée sur l'autre. M peut, ailleurs, être simple génériquement (genre *Ommatoptera*). Quant à la cubitale postérieure, c'était primitivement une veine basse et parfois très rameuse. Actuellement, sur l'aile postérieure, cette veine simple se laisse d'abord attirer en haut par 1A, puis redescend, très faible, puis se renforce et finit comme veine haute.

Je trouve, primitivement, quatre anales : 1A, indifférente ou haute, est étroitement bifurquée ou reste simple ; 2A est soit rameuse avec sa partie antérieure seule convexe, soit bifurquée dès la base avec ses deux rameaux convexes; puis viennent deux très fines nervures, dont on ne peut guère affirmer qu'elles soient hautes ou qu'elles soient basses.

ZOOLOGIE. — *Le cnidome des Trachylides (Trachyméduses et Narcoméduses).* Note de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai montré antérieurement comment on était amené à rechercher l'origine et la souche commune des Hydroméduses et des Scyphoméduses dans des Cœlentérés libres présentant à l'état adulte, sexué, un cnidome constitué d'une seule catégorie de nématocystes. De pareilles formes n'ont pas encore été signalées; des recherches effectuées cet hiver à Messine m'en ont fait trouver quatre, se rapportant toutes à des Trachylides.

I. Trachyméduses. — J'ai étudié *Carmarina hastata* Hæckel et *Liriope eurybia* Hæckel, toutes deux à l'état sexué.

Les Carmarines adultes possèdent 12 tentacules de 2 catégories : les uns interradiaires, pleins, courts, et insérés par une base renflée; leur face externe porte des bourrelets ectodermiques semi-circulaires dont le plus distal coiffe l'extrémité du tentacule comme d'un capuchon. Les autres, qui n'apparaissent qu'après eux, sont perradiaires, creux, cylindriques, longs et très mobiles, de structure symétrique par rapport à leur axe, et présentent dans leur ectoderme des constrictions peu profondes et irrégulièrement annulaires. Les nématocystes sont identiques dans les deux catégories de tentacules qu'ils garnissent abondamment; dans les interradiaires, ils sont localisés à peu près exclusivement sur les bourrelets semi-circulaires. *Ils sont tous d'une même catégorie* (*fig.* I *a* et *b*). Leur symétrie est fortement bilatérale par la forme de la capsule et la position oblique du corps axial. Celui-ci présente une particularité non décrite jusqu'ici : au lieu de se fixer directement au pôle operculaire, il lui est attaché par l'intermédiaire d'un prolongement de l'ampoule, long et contourné (« ampoule préstylaire »). Leurs dimensions varient de $30 \times 7^{\mu}$ à $35 \times 8^{\mu}$. Le tube dévaginé montre une longue ampoule, élargie à son sommet et entourée d'épines implantées le long de 3 hélices dextres qui se prolongent sur le tube terminal sous forme de côtes saillantes. Les stades immatures sont fréquents dans les tentacules; ils sont plus petits, moins réfringents, dépourvus d'ampoule préstylaire et ont une symétrie presque axiale. Dans les parois du manubrium, en particulier vers son extrémité, se trouvent d'abondants nématocystes identiques aux premiers sauf leurs dimensions toujours inférieures.

Liriope eurybia, dont les quatre tentacules correspondent aux tentacules perradiaires des Carmarines, possède également un monocnidome, dont les nématocystes ne diffèrent de ceux de l'espèce précédente que par l'absence d'ampoule préstylaire et par leurs dimensions qui oscillent autour de $16 \times 8^{\mu}$ (*fig.* III). Les nématocystes du manubrium et des verrues péribuccales leur sont identiques sauf leurs dimensions inférieures ($12 \times 7^{\mu}$),

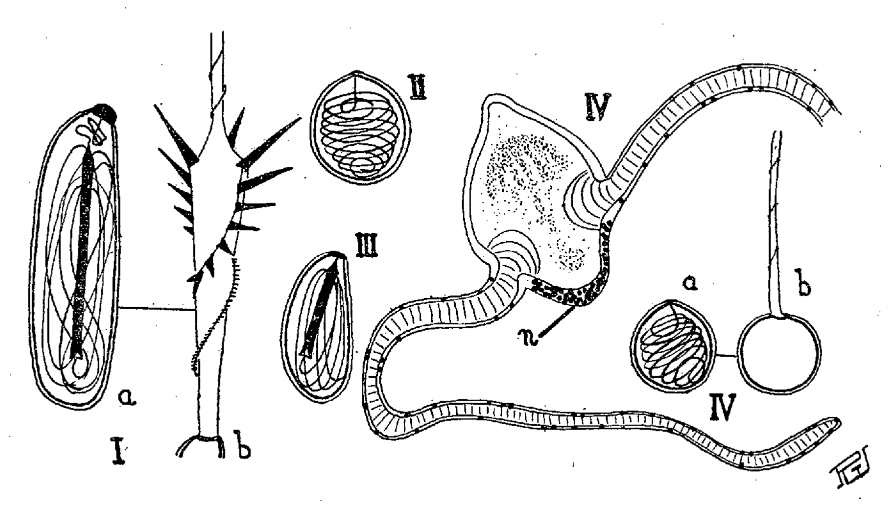


Fig. I *a* et *b*. — Nématocystes de *Carmarina hastata* Hæckel. *In vivo*; $\times$ 1300. Fig. II. — Nématocyste de *Cunina lativentris* Geg. *In vivo*; $\times$ 1300. Fig. III. — Nématocyste de *Liriope eurybia* Hæckel. *In vivo*; $\times$ 1300. Fig. IV. — Larve de Narcoméduse. *In vivo*; $\times$ 70. *n*, amas de nématocystes. Fig. IV *a* et *b*. — Nématocystes isolés. *In vivo*; $\times$ 1300.

leur filament paraissant moins long et la symétrie moins fortement bilatérale de la capsule.

II. Narcoméduses. — Les nématocystes que l'on trouve chez *Cunina lativentris* Geg. *sont tous d'une même catégorie*. Assez parcimonieusement dispersés sur la surface des tentacules, plus abondants dans les péronies, ils sont subsphériques, d'un diamètre variable de 4 à 12^{μ} (*fig.* II). Le filament invaginé est très mince et enroulé dans une spire à axe vertical, à tours nombreux et réguliers; il se montre, après sa dévagination, isodiamétrique sur toute sa longueur et entouré de trois côtes hélicoïdales dextres. Par sa valeur aussi bien que par sa structure, c'est donc là le cnidome le plus simple, le plus primitif, que l'on puisse imaginer.

Des pêches pélagiques effectuées au laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer, en septembre 1924, ont rapporté à plusieurs reprises des larves de

Narcoméduses telles que celle représentée figure IV. Dans l'ectoderme bordant le corps entre les deux tentacules, et qui deviendra celui du manubrium, se trouve un amas de nombreux nématocystes identiques en tous points à ceux de *Cunina lativentris* (*fig.* IV *a* et *b*). On les trouvait également en petit nombre dans l'ectoderme des tentacules. On est ici en présence d'un monocnidome vrai, à l'encontre de ce que j'ai décrit antérieurement dans les larves d'Hydroméduses et de Scyphoméduses.

Les quatre espèces de Trachylides que j'ai pu étudier ont donc un monocnidome vrai ; ce sont malheureusement les seuls représentants de cette classe qu'il m'ait été donné de voir *in vivo*. Il est évidemment impossible de prévoir si un monocnidome ne se retrouvera pas dans des espèces appartenant à d'autres classes. Je signale pourtant que les 44 espèces que j'ai étudiées jusqu'ici en dehors des Trachylides et qui appartenaient aux groupes de Cœlentérés les plus variés, m'ont toujours montré un polycnidome. Si mes observations sur les Trachylides devaient se généraliser, elles me paraîtraient désigner cette classe comme la plus primitive de l'embranchement des Cœlentérés, à laquelle se rattacherait, plus ou moins directement, la souche commune des Hydroméduses et des Scyphoméduses.

M. **J. H. Coblyn** adresse une Note intitulée : *Construction du diagramme entropique par la théorie des états correspondants.*

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *W. Kilian* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Victor Grignard.**

En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique . . . . MM. **Lucien Cuénot**, **Emile Mathias**, **Charles Nicolle**, **Henri Villat**, **Pierre Weiss.**

L'Académie ajoute à cette liste le nom de M. **Magnus de Sparre.**
Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème de la meule.* Note de M. L. LECORNU.

La question suivante m'a été posée par un ingénieur qui venait de lire ma Note sur la meule tournante [1] : Étant donné que, dans cette Note, on obtient l'état d'équilibre d'une meule cylindrique avec une approximation d'autant plus grande que l'épaisseur est plus faible par rapport au diamètre, ne peut-on pas en déduire l'état d'équilibre d'un arbre cylindrique de longueur quelconque, en considérant celui-ci comme constitué par l'empilement d'une infinité de meules infiniment minces ? (on néglige l'action de la pesanteur).

Il faut répondre négativement et voici pourquoi. Dans l'expression du déplacement ϖ éprouvé, parallèlement à l'axe, par le point (r, z) figurent trois termes respectivement proportionnels à z, à $r^2 z$ et à z^3. Laissons de côté le dernier, dont l'influence devient négligeable quand l'épaisseur z tend vers zéro. Le terme en z, qui est négatif, représente une réduction uniforme d'épaisseur, conservant la forme plane des sections normales à l'axe. Le terme en $r^2 z$ entraîne pour chaque fibre située à la distance r de l'axe la dilatation linéaire $\frac{\lambda}{\mu(\lambda+\mu)} m r^2$ qui, variant avec r, rend concaves les deux faces de la meule. Pour faire disparaître cette concavité, en vue de permettre l'empilement dont il s'agit, il faudrait l'intervention de nouvelles forces modifiant les conditions du problème.

De son côté, M. Ch. Platrier m'a fait observer que les trois premières

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1253.

formules de la page 1255 exigent, pour être exactes, le remplacement de R^2 par $R^2 + r_0^2$. En réalité, j'ai supposé le carré du rayon r_0 du trou central négligeable en présence du carré du rayon R de la meule. Mais M. Platrier ajoute cette remarque intéressante que, si l'on rétablit le terme r_0^2 et si l'on fait ensuite $r_0 = R$, on retrouve pour le cas d'un anneau infiniment mince la formule usuelle du volant $N_2 = \rho V^2$, rappelée à la fin de la Note.

M. Platrier m'a signalé aussi qu'en 1919 (¹) il a, en s'inspirant de ma Note de 1896, recherché d'une façon générale, quelles conditions doit remplir un solide de révolution tournant uniformément autour de son axe pour que les sections perpendiculaires à l'axe n'éprouvent aucune tension. Ses calculs embrassent même le cas où l'on adjoint à la force centrifuge, proportionnelle à r, une force inversement proportionnelle à cette distance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la trempe des alliages plomb-antimoine, plomb-étain et plomb-antimoine-étain.* Note de M. **Léon Guillet.**

La généralisation des phénomènes de trempe a fait l'objet de fréquentes Notes qui ont montré, malgré les critiques de certains expérimentateurs, l'importance de cette question et ses conséquences industrielles.

Au meeting du 18 février dernier de l'*American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, MM. Dean, Zicheick et Nix ont présenté une étude sur les traitements thermiques des alliages plomb-antimoine et plomb-antimoine-étain. Il existe une solution solide plomb-antimoine qui renferme jusqu'à 2,5 pour 100 de Sb; mais la teneur limite diminue avec la température. Par trempe, la résistance de l'alliage à 2,5 pour 100 durcit et sa résistance augmente encore avec le temps. On se trouve donc en présence d'un phénomène analogue à celui utilisé dans le traitement du duralumin. D'ailleurs, les mêmes résultats sont obtenus avec certains alliages plomb-étain-antimoine, qui sont employés couramment comme stéréotypes dans l'impression des journaux.

Je tiens à rappeler ici que la question n'est pas entièrement nouvelle. M. Dubosc a dès 1905 (²) démontré que certains alliages plomb-antimoine

---

(¹) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 169.

(²) Réunion des membres français et belges de l'Association Internationale pour l'essai des matériaux de construction, 25 mars 1905.

prenaient la trempe à des températures variant entre 180° et 240°. Il avait notamment attiré l'attention sur les alliages à 3 et 5 pour 100 Sb. D'autre part, j'ai indiqué les résultats obtenus avec les alliages plomb-étain ([1]), et montré spécialement que les alliages à 5,10 et 15 pour 100 d'étain sont nettement durcis par trempe à 175°; l'augmentation de dureté est d'autant plus sensible que la teneur en étain est plus forte. Mais le revenu, même à 75° adoucit les produits trempés et le temps n'a pas d'influence sensible.

Les recherches de MM. Dean, Zicheick et Nix, qui ne sont point en contradiction avec ces travaux, font ressortir l'influence du temps après trempe sur les alliages plomb-antimoine et plomb-étain-antimoine.

Il est intéressant de noter que ces études ont déjà des conséquences industrielles intéressantes. On les utilise dans la fabrication des balles, la préparation des plaques d'accumulateurs et surtout pour les alliages plomb-étain-antimoine employés dans l'impression des journaux. Le cylindre portant les caractères est enroulé autour du cylindre de presse, alors que l'alliage trempé est encore assez doux, et quelques heures de repos suffisent à lui donner une grande dureté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cémentation du cuivre, du nickel et de leurs alliages par l'étain.* Note de M. **Léon Guillet**.

J'ai déjà attiré l'attention, à plusieurs reprises, sur la généralisation des phénomènes de cémentation, soit par les recherches de mes collaborateurs et de mes élèves, soit par mes travaux personnels.

Je poursuis actuellement de nombreuses études dans la même voie. J'indiquerai aujourd'hui certains des résultats obtenus dans la cémentation du cuivre et de ses alliages par l'étain. Le but que je me suis proposé d'atteindre est la production en surface d'alliages ayant des propriétés intéressantes, notamment au point de vue frottement, avec une dépense minime d'étain, d'une part, et en évitant, d'autre part, l'action de l'étain liquide qui produit une détérioration superficielle des pièces.

Pour cela, selon la méthode employée dans des essais différents par d'autres expérimentateurs, notamment par M. Cournot ([2]) pour produire

---

([1]) Revue *Chimie et Industrie*, 5, 1921, p. 371.

([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 696.

la cémentation du fer par l'aluminium, j'ai utilisé un alliage cuivre-étain, dont le point de fusion est supérieur à la température atteinte dans l'opération. J'ai choisi l'alliage Cu = 75; Sn = 25, d'ailleurs assez difficile à pulvériser. Au moment de l'opération, il était ajouté 5 pour 100 de chlorure d'ammonium à la poudre.

Les tableaux suivants résument les résultats de ces recherches qui ont été poursuivies dans les conditions suivantes :

Température de cémentation = 700°; Durée de l'opération = 48 heures.

Alliages utilisés.	Épaisseurs de cémentation en millim.	Durée au scléroscope (1).		Durée à la bille (2).	
		Centre.	Surface.	Centre.	Surface.
Cuivre pur....................	0,27	6	8	39,5	50
Laiton à Cu = 67.............	0,70	12	40	56,5	146,5
Laiton à Cu = 60.............	0,55	20	39	85	149,5
Bronze à Cu = 90............	1,00	21	44	92	206,5
Nickel pur....................	très faible	9	9	87	93,5
Cupronickel à Cu = 80........	0,35	15	47	78	225
Cu = 60; Ni = 20; Zn = 20....	0,50	23	37	107	145,5

L'examen microscopique caractérise fort bien les phénomènes, dans la plupart des cas, par la formation des constituants déjà connus, et permet même de les suivre aisément. Dans le cas du cupronickel, il se forme une couche superficielle qui paraît être une solution solide présentant de très nombreux slip-bands.

On notera que la pénétration est très variable d'un alliage à l'autre, sans que l'on puisse entrevoir de règle générale. Toutefois, il apparaît que la présence dans l'alliage du constituant qui doit se former par cémentation retarde l'opération. On remarque la faiblesse de la cémentation avec le nickel et même avec le cuivre.

Ces phénomènes peuvent être intéressants du point de vue industriel. Ils permettent, en effet, d'obtenir en surface des propriétés données par des alliages beaucoup plus coûteux, parce que, contenant dans toute la masse des teneurs souvent élevées en étain (bronzes à frottement). D'autre part, ce procédé peut permettre de préparer des pièces qui, avec l'alliage initial (cuivre pur, laiton à Cu = 60 pour 100) peuvent être forgées, matricées ou

(1) La dureté au scléroscope a été mesurée avec le marteau pour métal mou.

(2) La dureté à la bille a été mesurée sous une charge de 50kg, avec une bille ayant un diamètre de 3mm,18.

filées à la presse, puis cémentées, et offrent ainsi beaucoup plus de sécurité que des pièces simplement coulées, ne pouvant être soumises à un traitement mécanique (bronzes à frottement).

Toutefois, dans l'état actuel de la question, le procédé doit être perfectionné : la poudre utilisée adhère à la pièce, et si on la dilue par de la silice ou de l'alumine, la vitesse de l'opération est singulièrement diminuée.

L'emploi d'un four tournant remédiera peut-être à ces inconvénients.

M. E. **Roux** fait hommage à l'Académie du Tome IV des *Œuvres de* **Pasteur** *réunies par* Pasteur Vallery-Radot : *Étude sur la maladie des vers à soie.*

M. R. **Bourgeois** dépose sur le bureau le premier fascicule de la seconde édition du *Cours d'Astronomie et de Géodésie de l'École Polytechnique*, de M. **Faye**, qu'il vient de revoir et de mettre à jour. Ce volume est publié comme la première édition par la Maison Gauthier-Villars et fait à cette dernière le plus grand honneur.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **M. Brillouin**, **A. Cotton**, de la Division des Sciences mathématiques; MM. **E.-L. Bouvier**, **A. Lacroix**, de la Division des Sciences physiques; MM. **P. Sabatier**, **Ch. Depéret**, Membres non résidants, sont élus membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, présentera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *G. Gouy*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *W. Kilian* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Victor Grignard obtient	....	35	suffrages
M. Charles Nicolle	»	10	»
M. Magnus de Sparre	»	7	»
M. Pierre Weiss	»	5	»
M. Émile Mathias	»	2	»
M. Lucien Cuénot	»	1	suffrage.

M. **Victor Grignard**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Roule. *Cuvier et la science de la nature.* (Présenté par M. L. Mangin.)

2° *The nervous Mechanism of Plants*, par Sir Jagadis Chunder Bose. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° *Chaleur et industrie,* revue mensuelle des industries du feu, publiée par P. Couturaud (collection complète).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriété remarquable d'une suite d'intégrales doubles.* Note de M. **Michel Petrovitch.**

Considérons la suite indéfinie $B_1, B_2, B_3, \ldots$ d'intégrales doubles

$$(1) \qquad B_p = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x, y)\,\theta_p(x)\,\theta_p(y)\,dx\,dy,$$

où $f(x, y)$, ainsi que ses dérivées partielles des quatre premiers ordres, sont des fonctions continues et périodiques, à période 2π en x et y, $\theta_p(z)$ désignant la transcendante

$$(2) \qquad \theta_p(z) = \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{\cos nz}{n^p}.$$

La propriété suivante de la suite B_p subsiste *quelle que soit la fonction* $f(x, y)$ de l'espèce indiquée :

La valeur B_p est le coefficient de z^{p-1} dans le développement, suivant les puissances de z, d'une fonction *méromorphe* de z; cette fonction peut se mettre sous la *forme d'un quotient de deux fonctions entières du genre un : le dénominateur est* $\sin \pi z$ *et le numérateur s'annule pour tout nombre entier premier* z *et diffère de zéro pour tout nombre entier composé* z.

En effet, B_p s'écrit

$$B_p = \sum_{m=2}^{m=\infty} \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{H_{m,n}}{(mn)^p}, \tag{3}$$

où

$$H_{m,n} = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x, y) \cos mx \cos ny \, dx \, dy, \tag{4}$$

et coïncide ainsi avec le coefficient de z^{p-1} dans le développement de la fonction

$$\Phi(z) = -\sum_{m=2}^{m=\infty} \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{H_{m,n}}{z - mn} \tag{5}$$

suivant les puissances ascendantes de z.

D'une autre part, l'intégrale (4) coïncide avec le coefficient de $\cos mx \cos ny$ dans le développement de $\pi^2 f(x, y)$ en double série trigonométrique. Ce coefficient étant de l'ordre ([1]) de $(mn)^{-h}$, où h est au moins égal à 2, la série (3) converge uniformément, ainsi que la série (5) pour $|z| < 2$.

Or $\Phi(z)$ est une fonction *méromorphe* n'ayant pour pôles (tous simples) que la suite indéfinie de nombres entiers *composés*. Le produit

$$F(z) = \Phi(z) \sin \pi z \tag{6}$$

représentera donc une fonction *entière* de z s'annulant pour $z =$ nombre *premier* et prenant pour $z =$ nombre *composé* c la valeur

$$F(c) = \pi \Sigma H_{m, \frac{c}{m}}, \tag{7}$$

où m parcourt la suite des diviseurs de c autres que 1 et c. La valeur (7) n'est nulle qu'exceptionnellement.

Le coefficient C_k de z^k dans le développement de $F(z)$ étant

$$C_k = M_k B_1 + M_{k-1} B_2 + \ldots + M_1 B_k, \tag{8}$$

([1]) E. PICARD, *Traité d'Analyse*, 1re édition, p. 271.

où M_p représente le coefficient de z^p dans le développement de $\sin \pi z$, une transformation de C_k conduit à l'inégalité

$$(9) \qquad |C_k| < \frac{M\pi^{k+1}}{(k+1)!},$$

faisant voir que $F(z)$ est du genre zéro ou un. Le premier cas est impossible, puisque la série des modules des inverses des zéros de $F(z)$ diverge. Cette fonction est donc *du genre un*, comme il fallait montrer.

Ces mêmes fonctions entières $F(z)$ se présentent dans le problème de calcul des intégrales définies de la forme

$$(10) \qquad \int_0^{2\pi} u(t) \cos zt\, dt \quad \text{et} \quad \int_0^{2\pi} u(t) \sin zt\, dt.$$

Notamment, soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans un cercle C de rayon un, ayant l'origine comme centre, ainsi que sur ce cercle. Désignons par $\varphi(t)$ la partie réelle, sur le cercle C, de la fonction $z^2 f(z)$ et soit A_2, A_3, A_4, ... une suite indéfinie de nombres tels que la série ΣA_n converge et que la fonction définie par la série

$$(11) \qquad u(t) = \sum_{n=0}^{n=\infty} A_{n+2}\, \varphi(\overline{n+2}\, t)$$

ait un développement trigonométrique en t intégrable pour toute valeur de t comprise dans l'intervalle $(0, 2\pi)$.

Toutes les fois que dans les intégrales (10) $u(t)$ est une fonction (11), *ces intégrales représentent des fonctions entières de z du genre un, coïncidant avec une fonction* $F(z)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension du calcul vectoriel à l'analyse et au calcul différentiel absolu.* Note (¹) de M. A. **Véronnet**, présentée par M. P. Appell.

Le calcul vectoriel comprend une notation et une méthode. Or on peut lui appliquer, complètement et sans modification, la *notation de l'analyse*. Sa méthode consiste essentiellement à introduire dans les formules et à soumettre au calcul les deux éléments qui caractérisent les quantités géométriques et mécaniques, leur grandeur et leur direction.

(¹) Séance du 25 mai 1926.

Or en analyse c'est l'*unité* dans laquelle les quantités sont mesurées qui correspond à la direction. Les variables indépendantes ne sont pas autre chose que des grandeurs évaluées, ou mesurées, dans des unités différentes, des *unités indépendantes*. Il est naturel d'*introduire explicitement ces unités dans les formules* et de les soumettre à toutes les opérations des grandeurs algébriques.

En deux mots on étendra la notation analytique au calcul vectoriel et le principe du calcul vectoriel à l'analyse.

Soit un point P d'une multiplicité quelconque à n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ que nous supposons défini par son rayon vecteur $\mathbf{r}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ et un point voisin P′. Nous pouvons définir P′ ou l'élément PP′ par

$$(1) \qquad d\mathbf{r} = \Sigma_i \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial x_i} dx_i = \Sigma_i \mathbf{x}_i dx_i \qquad \mathbf{x}_i = \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial x_i}.$$

Les $\mathbf{x}_i$ définissent un système d'*unités*, ou un système d'axes, indépendants des dx_i. C'est un système d'unités, lié au point P, qui définit la nature de l'espace au point P.

Le déterminant G, formé par le produit des unités, permet de définir le système d'unités inverses, les $\mathbf{x}^i$ contrevariantes,

$$(2) \qquad G = \mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2 \ldots \mathbf{x}_n = \sqrt{g}, \qquad \mathbf{x}^i = \frac{1}{G} \frac{\partial G}{\partial \mathbf{x}_i}, \qquad \mathbf{x}_i \mathbf{x}^i = 1, \qquad \mathbf{x}_i \mathbf{x}^k = 0.$$

On en obtient immédiatement deux relations fondamentales, qui sont suffisantes pour exprimer toutes les dérivations du calcul tensoriel.

$$(3) \qquad \Sigma_i \mathbf{x}^i d\mathbf{x}_i = \frac{dG}{G}, \qquad d\mathbf{x}^k = -\Sigma_i \mathbf{x}^i . \mathbf{x}^k d\mathbf{x}_i, \qquad \frac{\partial \mathbf{x}^k}{\partial x_l} = -\Sigma_i \mathbf{x}^i . \mathbf{x}^k \frac{\partial \mathbf{x}_i}{\partial x_l}.$$

Soit maintenant $X(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une fonction algébrique des variables. Sa variation autour du point P sera définie par sa dérivée par rapport à $\mathbf{r}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, *dérivée vectorielle* ou *gradient*. Sa différentielle dX devra avoir la même expression qu'en analyse et s'écrira ici comme le produit de la dérivée par l'accroissement de la variable

$$(4) \qquad \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \frac{\partial X}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \mathbf{x}^i \frac{\partial X}{\partial x_i}, \qquad dX = d\mathbf{r} \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i dx_i \frac{\partial X}{\partial x_i}.$$

La divergence, le curl ou rotation, la dérivée tensorielle covariante ne sont que des formes différentes de cette dérivée vectorielle, notée et définie par (4) et ils n'exigeront pas d'autre notation.

En élevant (1) au carré on obtient le ds^2. C'est un tenseur du second ordre, exprimé en fonction des unités du second ordre, les $g_{ik} = \mathbf{x}_i \mathbf{x}_k$.

Un tenseur sera défini comme une forme *multilinéaire* et *invariante* des unités de mesure, la variation des composantes étant précisément inverse de celle des unités. Ces composantes d'un tenseur pourront même être des vecteurs.

Un tenseur du premier ordre est un vecteur invariant, un vecteur-tenseur, comme $d\mathbf{r}$ dans (1) et le gradient dans (4). Un tenseur du deuxième ordre peut prendre la forme d'un invariant algébrique en vertu de (2) (*contraction*); on a

$$(5) \quad \mathrm{X} = \Sigma_i \mathbf{x}_i \mathrm{X}^i = \Sigma_k \mathbf{x}^k \mathrm{X}_k, \qquad \mathrm{X} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}_i \mathbf{x}_k \mathrm{X}^{ik} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \mathrm{X}_{ik} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}_i \mathbf{x}^k \mathrm{X}^i_{.k} = \Sigma_i \mathrm{X}^i_{\ k}.$$

Il suffit dès lors de définir les opérations sur les unités de mesure pour étendre complètement le calcul analytique au calcul tensoriel, pour ramener le second au premier. Or ceci se fait en quelques lignes et quelques formules déduites de (3). Les formules qui définissent la dérivée vectorielle et la différentielle montrent que ce sont des *opérateurs invariants* qui conservent l'invariance des tenseurs et donnent d'autres tenseurs. La dérivée du vecteur tenseur covariant $\mathbf{x}^i \mathrm{X}_i$ (*divergence* ou *dérivée covariante*) s'écrit

$$(6) \qquad \frac{\partial \mathrm{X}}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \left(\frac{\partial \mathrm{X}_i}{\partial x_k} - \Sigma_l \mathbf{x}^l \frac{\partial \mathbf{x}_i}{\partial x_k} \mathrm{X}_l \right) = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \left(\frac{\partial \mathrm{X}_i}{\partial x_k} - \mathrm{X} \frac{\partial x_i}{\partial x_k} \right).$$

C'est un tenseur du second ordre. Le coefficient de X_l n'est pas autre chose que le Christoffel de seconde espèce $\mathrm{C}^l_{.ik}$ ou $\mathbf{x}'^l_{.ik}$. Celui de l'espèce s'écrirait avec x_l, sans notation spéciale. Si l'on prend le tenseur sous la forme contrevariante $\mathbf{x}_i \mathrm{X}_i$, on obtient la dérivée sous forme contractée (la dernière forme étant vraie pour un tenseur quelconque)

$$(7) \qquad \frac{\partial \mathrm{X}}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \frac{\partial \mathrm{G} \, \mathrm{X}^i}{\mathrm{G} \, \partial x_i} = \Sigma_{ik} \frac{\partial \mathrm{G} \, \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \mathrm{X}_k}{\mathrm{G} \, \partial x_i} = \Sigma_i \frac{\partial \mathrm{G} \, \mathbf{x}^i \mathrm{X}}{\mathrm{G} \, \partial x_i}.$$

La dérivée d'ordre quelconque d'un tenseur quelconque s'obtient immédiatement, en utilisant toujours (3). La dérivée seconde d'une fonction algébrique donne l'opérateur de Laplace $\Delta \mathrm{X}$ en coordonnées quelconques.

La *dérivée alternée* ou *curl* s'obtient en faisant $\mathbf{x}^i \times \mathbf{x}^k = - \mathbf{x}^k \times \mathbf{x}^i$, produit alterné. Le curl d'un vecteur tenseur est nul, sauf pour les espaces à torsion de M. Cartan. La dérivée seconde alternée d'un vecteur tenseur s'écrit

$$(8) \qquad \frac{\partial x}{\partial \mathbf{r}} \frac{\partial \mathrm{X}}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_{ikl} \mathbf{x}^l \mathbf{x}^k \mathbf{x}^i \left(\frac{\partial^2 \mathbf{x}^i}{\partial x_l \, \partial x_k} - \frac{\partial^2 \mathbf{x}^i}{\partial x_k \, \partial x_l} \right) \mathrm{X}, \qquad \mathrm{R}^m_{.ikl} = \mathbf{x}^m \mathbf{V}_{ikl}.$$

La parenthèse peut s'appeler le *vecteur de Riemann* $\mathbf{V}_{ikl}$. Il est tricovariant. Ses composantes et projections sont précisément les éléments des deux tenseurs de Riemann, beaucoup plus compliqués en notation tensorielle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination sans ambiguïté de la solution du problème de Dirichlet, pour les fonctions sommables.* Note (¹) de M. **Noaillon** présentée par M. Hadamard.

Soit z un point variable sur un cercle C de centre O et de rayon r, et soit Z un point intérieur à C. A toute fonction $f(z)$, sommable sur C au sens de Lebesgue, la formule de Poisson fait correspondre une fonction harmonique des coordonnées XY du point Z, continue à l'intérieur de C.

Théorème I. — *Si $f(z)$ est sommable sur* C, *la fonction* F(Z), *définie par la formule de Poisson, tend* en moyenne (*d'ordre un*) *vers* $f(z)$.

Nous entendons par là que, si à chaque point z du cercle C on fait correspondre un point $z' = \frac{r'}{r} z$ situé sur la normale passant par z et sur le cercle C′ concentrique à C et de rayon $r' < r$, l'on aura

$$\lim_{r'=r} \int_C |F(z') - f(z)| . |dz| = 0.$$

Théorème II. — *Si $f(z)$ est sommable sur* C, *la fonction* F(Z), *définie par la formule de Poisson, est la seule fonction harmonique, continue à l'intérieur de* C, *tendant en moyenne (d'ordre* 1) *vers* $f(z)$.

D'autres conditions, nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction harmonique dans un cercle soit la fonction F(Z) de Poisson d'une fonction $f(z)$ sommable sur C, ont déjà été données, entre autres, par MM. Evans et Brag [2]. Ces conditions me semblent moins simples que la nôtre.

Démonstration du théorème I. — Puisque $f(z)$ est sommable, nous pourrons trouver un M assez grand pour que, sur l'ensemble c_1 (situé sur C) où $|f(z)| > M$ l'on ait

$$\int_{c_1} |f(z)| . |dz| < \frac{1}{2} \varepsilon.$$

(¹) Séance du 10 mai 1926.

(²) G. C. Evans, *Zice Institute Pamphlets*, 7, 1920, nº 4, p. 312 et suiv. H. C. Evans et H. E. Brag, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1368.

Décomposons le cercle C en deux ensembles c_1 et c_2 et décomposons la fonction $f(z)$ en :

$$f_2(z_1) = f(z) \text{ sur } c_1 \text{ et nulle sur } c_2,$$
$$f_2(z) = 0 \quad \text{sur } c_2 \text{ et } f(z) \text{ sur } c_1.$$

A ces deux fonctions correspondront, par la formule de Poisson, les deux fonctions harmoniques $F_1(Z)$ et $F_2(Z)$ et l'on a

$$\int_C |F(z') - f(z)|.|dz| \leqq \int_C |F_1(z') - f_1(z)|.|dz| + \int_C |F_2(z') - f_2(z)|.|dz|.$$

$F_1(z)$ est inférieure en module à la fonction de Poisson $G_1(z)$ relative à

$$g_1(z) = |f_1(z)|.$$

Cette fonction $G_1(z)$ prend, pour $z = 0$, la valeur

$$G_1(0) = \frac{1}{2\pi r} \int_C |f_1(z)|.|dz|.$$

D'autre part, sa valeur centrale est égale à sa moyenne sur le cercle C' :

$$G_1(0) = \frac{1}{2\pi r'} \int_C G_1(z') \frac{r'}{r} |dz|,$$

En égalant ces deux valeurs de $G_1(0)$, nous obtenons

$$\int_C G_1(z').|dz| = \int_C |f_1(z)|.|dz|,$$

donc

$$\int_C |F_1(z') - f_1(z)|.|dz| \leqq \int_C |F_1(z').|dz| + \int_C |f_1(z)|.|dz|$$
$$\leqq \int_C G_1(z').|dz| + \int_C |f_1(z)|.|dz| \leqq 2\int_C |f_1(z)|.|dz| < \varepsilon.$$

Considérons maintenant la fonction $f_2(z)$; elle est, en module, inférieure à M. Il en sera de même de la fonction de Poisson correspondante, $F_2(z)$. On peut alors appliquer le théorème de Lebesgue :

$$\lim_{r'=r} \int_C |F_2(z') - f_2(z)|.|dz| = \int_C \lim_{r'=r} |F_2(z') - f_2(z)|.|dz|.$$

Puisque $f_2(z)$ est bornée sur C, nous savons, par le théorème de

Fatou (¹), que la fonction de Poisson, $F_2(z')$, tendra presque partout vers $f_2(z)$, donc

$$\int_C \lim_{r'=r} |F_2(z') - f_2(z)|.|dz| = 0.$$

Démonstration du théorème II. — S'il existait deux fonctions harmoniques de z, continues à l'intérieur de C, tendant en moyenne (d'ordre 1) vers $f(z)$, leur différence $H(z)$ serait telle que

$$\lim_{r'=r} \int_0 |H(z')|.|dz| = 0.$$

La fonction harmonique $H(z)$ est égale à sa fonction de Poisson construite pour le cercle C',

$$H(z) = \int_C H(z') \varphi(z', z) \frac{r}{r'} |dz|.$$

Quand, z restant fixe, r' varie et tend vers r, l'expression $\varphi(z', z)\frac{r'}{r}$ reste, en module, inférieure à un nombre B, indépendant de r'. Donc

$$\operatorname{mod} H(z) \leqq \frac{1}{2\pi} B \int_C |H(z')|.|dz|,$$

$$\operatorname{mod} H(z) \leqq \frac{1}{2\pi} B \lim_{r'=r} \int_C |H(z')|.|dz| = 0.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues.* Note de M^lle **N. Bary** et M. **D. Menchoff**, présentée par M. Emile Borel.

Soient $f(x)$ une fonction mesurable et finie presque partout dans (a, b) et $\varphi(x)$ une fonction absolument continue dans (a, b). Soient ε un nombre positif et

$$\ldots, \quad l_{-n}, \quad \ldots, \quad l_{-1}, \quad l_0, \quad l_1, \quad \ldots, \quad l_n, \quad \ldots$$

une échelle de nombres croissant de $-\infty$ à $+\infty$ par degrés $< \varepsilon$. En désignant par v_n la variation (²) de $\varphi(x)$ sur l'ensemble des points pour lesquels on a $l_{n-1} \leqq f(x) < l_n$ et par λ_n un nombre tel que $l_{n-1} \leqq \lambda_n < l_n$, supposons que

(¹) *Acta mathematica*, 30, 1906, p. 348-349.
(²) Ch. de la Vallée Poussin, *Cours d'Analyse*, 1, 3ᵉ édition, p. 267.

la série

$$S = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \lambda_n v_n$$

converge absolument et que sa somme S tende vers une limite finie quand ε tend vers zéro, cette limite étant la même quel que soit le choix des nombres l_n et λ_n; nous dirons alors que *la fonction $f(x)$ est sommable par rapport à $\varphi(x)$* et nous écrirons

$$\lim S = \text{L. S.} \int_a^b f(x)\,d\varphi.$$

Théorème I. — *Si le produit $f(x)\varphi'(x)$ est sommable dans (a, b), $f(x)$ est sommable par rapport à $\varphi(x)$ et l'on a*

$$\text{L. S.} \int_a^x f(x)\,d\varphi = \text{L.} \int_a^x f(x)\varphi'(x)\,dx \qquad (a \leqq x \leqq b).$$

Si le produit $f(x)\varphi'(x)$ n'est pas sommable, il peut arriver que l'intégrale $\int_a^b f(x)d\varphi$ existe tandis que l'intégrale indéfinie $\int_a^x f(x)\,d\varphi$ n'existe pas quel que soit x, $a < x < b$. D'ailleurs, même quand cette intégrale existe en chaque point, elle peut représenter une fonction *discontinue*. Mais dans le cas remarquable d'une fonction de la forme $f[\varphi(x)]$ on a le

Théorème II. — *Si l'intégrale* L. S. $\int_a^b f[\varphi(x)]\,d\varphi$ *existe, l'intégrale indéfinie $\mathfrak{F}(x) = \int_a^x f[\varphi(x)]\,d\varphi$ existe aussi pour tout x, $a \leqq x \leqq b$ et représente une fonction absolument continue de fonction absolument continue. D'ailleurs presque en tous les points de l'ensemble où $\varphi'(x) \neq 0$ on a l'égalité*

$$\mathfrak{F}'(x) = f[\varphi(x)]\varphi'(x).$$

Réciproquement toute fonction absolument continue de fonction absolument continue est (à une constante additive près) une intégrale indéfinie de Lebesgue-Stieltjes de la forme $\int_a^x f[\varphi(x)]\,d\varphi$.

La propriété caractéristique d'une fonction absolument continue de fonction absolument continue est donnée par le théorème suivant :

Théorème III. — *$\mathfrak{F}(x)$ étant une fonction continue,* E *l'ensemble des points où la dérivée $\mathfrak{F}'(x)$ n'existe pas ou n'est pas finie et $\mathcal{E}$ l'ensemble des valeurs*

de $\mathfrak{F}(x)$ sur E, *la condition nécessaire et suffisante pour que $\mathfrak{F}(x)$ soit une fonction absolument continue de fonction absolument continue est que l'on ait* mes $\mathcal{E} = 0$.

Corollaire. — *Toute fonction continue qui jouit de la propriété* N [1] *et dont la dérivée est presque partout déterminée et finie* [*en particulier toute intégrale indéfinie de M. Denjoy* [2]] *est une fonction absolument continue de fonction absolument continue.*

Il suit du théorème III qu'une fonction absolument continue de fonction absolument continue a nécessairement une dérivée sur un ensemble de mesure positive. Mais il est aisé de voir que quelque petit que soit ε *il existe des fonctions absolument continues de fonctions absolument continues qui n'ont pas de dérivée ordinaire ni même de dérivée asymptotique sur un ensemble de mesure* $(b - a) - \varepsilon$.

On voit que la classe des fonctions absolument continues de fonctions absolument continues est beaucoup plus vaste que celle des fonctions absolument continues. Mais il est impossible d'obtenir une classe encore plus vaste en considérant les fonctions absolument continues des fonctions de la classe précédente. On a le théorème suivant :

Théorème IV. — *Toute fonction absolument continue de fonction absolument continue de fonction absolument continue est elle-même une fonction absolument continue de fonction absolument continue.*

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les lois de la fréquence des tourbillons alternés détachés derrière un obstacle.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

Dès mes premières recherches sur les tourbillons alternés alignés sur deux files à l'arrière d'un obstacle cylindrique qui fend la surface d'une nappe liquide, j'avais indiqué l'allure des lois que suivent l'équidistance

---

(1) Une fonction $\mathfrak{F}(x)$ *jouit de la propriété* N (N. Lusin, *L'intégrale et la série trigonométrique,* en russe, Moscou 1915, p. 109) si l'ensemble des valeurs $\mathfrak{F}(x)$ sur chaque ensemble de mesure nulle est un ensemble de mesure nulle.

(2) Cette intégrale jouit de la propriété N (N. Lusin, *loc. cit.*, p. 116 et 118). L'énoncé du corollaire n'est exact que pour l'intégrale de M. Denjoy au sens strict (A. Denjoy, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 859 et 1075) et devient inexact pour l'intégrale de MM. Denjoy-Khintchine (A. Denjoy, *Annales de l'École Normale*, **33**, 1916, p. 127, et **34**, 1917, p. 181; A. Khintchine, *Comptes rendus*, **162**, 1916, p. 287).

longitudinale e et, par suite, la fréquence N des tourbillons de même sens de rotation ([1]). Plus tard ([2]), j'ai décrit la méthode optique et cinématographique employée : la cuvette superficielle concave de chaque tourbillon, utilisée comme dioptre réfracteur, donne, d'un segment de cercle lumineux situé à l'infini dans la direction verticale, une petite image extrêmement nette ; la corde qui la limite est perpendiculaire à la direction de la vitesse de l'obstacle et peut être pointée, à 5^{μ} près, sur le film : on a ainsi, à 20^{μ} près en vraie grandeur, la coordonnée longitudinale de chaque centre de tourbillon ; la coordonnée transversale, obtenue en repérant le milieu de la corde, est mesurée avec une précision un peu moindre.

J'ai retenu finalement 77 excellents films; le dépouillement complet de toutes les images utilisables (environ 20000 pointés micrométriques) a été terminé récemment. J'ai déjà dit comment l'on peut déterminer graphiquement, pour chaque course, les valeurs moyennes de l'équidistance e et de la vitesse v des tourbillons, puis calculer N : la méthode consiste à chercher le système de droites parallèles et équidistantes qui représente au mieux les pointés réels, le temps étant porté en abscisses, et les coordonnées longitudinales des tourbillons en ordonnées.

Les obstacles étaient tous des lames à faces parallèles verticales, très soigneusement travaillées (à quelques $0^{mm},01$ près), mues parallèlement à ces faces. Toutes avaient un plan de symétrie vertical, l'avant étant soit un dièdre aigu, soit un cylindre ogival raccordé tangentiellement aux faces planes latérales. D'ailleurs, les formes de l'avant et de l'arrière n'ont paru avoir aucune influence sur N.

L'épaisseur D des lames a varié de $0^{cm},1$ à $0^{cm},8$; leur longueur L, de 1 à 4^{cm}; le rapport $\frac{L}{D}$, de 2,5 à 40; les vitesses V de l'obstacle, de 9 à 22^{cm} par seconde; la viscosité cinématique ν des quatre liquides employés, de 7.10^{-3} à 54.10^{-3} unité C.G.S.

L'ensemble des résultats, dans le domaine de variations indiqué, est bien représenté par la formule, à trois constantes numériques :

$$N = \frac{0,430}{D + 0,307}(V - 166\,\nu) \qquad \text{(en C.G.S.)},$$

([1]) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 839 et 970. Je suis obligé de rappeler que, sauf un article purement descriptif de A. Mallock (*Proc. Roy. Soc.*, 79, 1907, p. 262) qui m'avait échappé, rien n'avait été publié sur les tourbillons alternés avant 1908, et, bien entendu, aucune loi théorique ou empirique de la fréquence N n'avait été énoncée : le Mémoire de Th. von Kármán et H. Rubach, presque exclusivement théorique, est postérieur de quatre années (*Phys. Zeits.*, 13, 1912, p. 49).

([2]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1003 et 1225.

que l'on peut encore écrire :

$$N = \frac{l_1 V - \nu}{l_2(D + l_3)},$$

les trois constantes numériques l_1, l_2, l_3 étant homogènes à des longueurs et respectivement égales, en centimètres, à

$$6{,}02.10^{-3}; \quad 14{,}01.10^{-3}; \quad 0{,}307.$$

Cette formule ne satisfait pas au principe de similitude dynamique de lord Rayleigh; je compte revenir ultérieurement sur ce point.

On voit que dans le plan (V, N), pour des lames de même largeur et des liquides différents, on obtient des droites parallèles; que pour un liquide donné et des lames de largeurs D différentes, on obtient des droites concourant en un point de l'axe des V d'abscisse proportionnelle à ν; enfin, que la longueur L de l'obstacle n'intervient pas, résultat déjà annoncé par moi en 1908, et qui s'est trouvé rigoureusement confirmé.

Les écarts : N observé — N calculé, n'ont jamais dépassé $\pm$ 1 vibration par seconde et sont inférieurs à 0,5 vibration par seconde dans les $\frac{2}{3}$ des cas. Toutefois, N ayant varié de 3 à 20, on eût pu encore espérer mieux, car des précautions minutieuses avaient assuré l'uniformité des conditions, en particulier celle de la vitesse V, et aussi la pureté, l'homogénéité et l'immobilité préalable du liquide; la précision de toutes les mesures de longueur, de temps, de densité et même de viscosité, avait été égale à $\frac{1}{200}$ dans les cas les plus défavorables, et le plus souvent encore bien meilleure.

Or il est évident, même sur les meilleures épures, qu'il subsiste entre les valeurs successives de e et par suite, de la période, des *fluctuations*, atteignant $\frac{1}{20}$, parfois même $\frac{1}{10}$ en valeur relative. Il existe très probablement, lors du détachement des tourbillons, de chaque côté de l'obstacle, un petit domaine d'instabilité du régime laminaire, qui permet de légères différences entre les forces vives des tourbillons successifs; elles se révèlent sur les films par les *durées de vie capricieusement inégales* des tourbillons d'une même file: parmi les taches lumineuses, de plus en plus diffuses, indiquant la place de chaque cuvette, quelques-unes disparaissent prématurément, d'autres persistent après toutes les autres, sans que rien, dans la méthode optique, puisse expliquer ces destinées différentes. Il semble bien que ces fluctuations inévitables justifient, *a posteriori*, la méthode statistique laborieuse employée pour dégager les lois de la fréquence N des moyennes d'un grand nombre de mesures; par contre, elles enlèveraient beaucoup de valeur à des conclusions basées sur une ou deux expériences isolées.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur la possibilité de réaliser de hautes compressions sans antidétonants.* Note de [1] M. P. Dumanois, présentée par M. Rateau.

Les travaux de Berthelot et Vieille ont montré que l'onde explosive qui se produit dans la combustion de mélanges gazeux, et à laquelle doit être attribué le phénomène de détonation dans les moteurs à combustion interne, résulte de la coïncidence dans le temps et dans l'espace d'un phénomène physique : une compression adiabatique très rapide, et d'un phénomène chimique qui est la combustion qui en résulte.

Nous avons précédemment émis l'hypothèse que le rôle des antidétonants consiste dans un freinage de la vitesse d'inflammation, autrement dit que les antidétonants interviennent pour détruire la coïncidence nécessaire à l'onde explosive en agissant sur le phénomène chimique : leur action ayant pour effet non de modifier la température d'allumage, mais d'augmenter, une fois cette température atteinte, le temps nécessaire pour le produire. Cette hypothèse nous paraît entièrement confirmée par les théories de MM. Moureu et Dufraisse sur les anti-oxydants.

Mais il est tout aussi logique de chercher à agir sur le phénomène proprement dit, c'est-à-dire de créer dans le sens de la propagation de la flamme, à l'intérieur de la chambre à combustion, des discontinuités de section telles que, lorsque l'inflammation arrive à leur niveau, il se produise une détente brusque qui détruise l'onde explosive si elle a pris naissance.

On peut réaliser simplement ces augmentations de section en pratiquant sur le fond du piston, à partir du point d'allumage et dans le sens de la propagation de l'inflammation, une série de gradins.

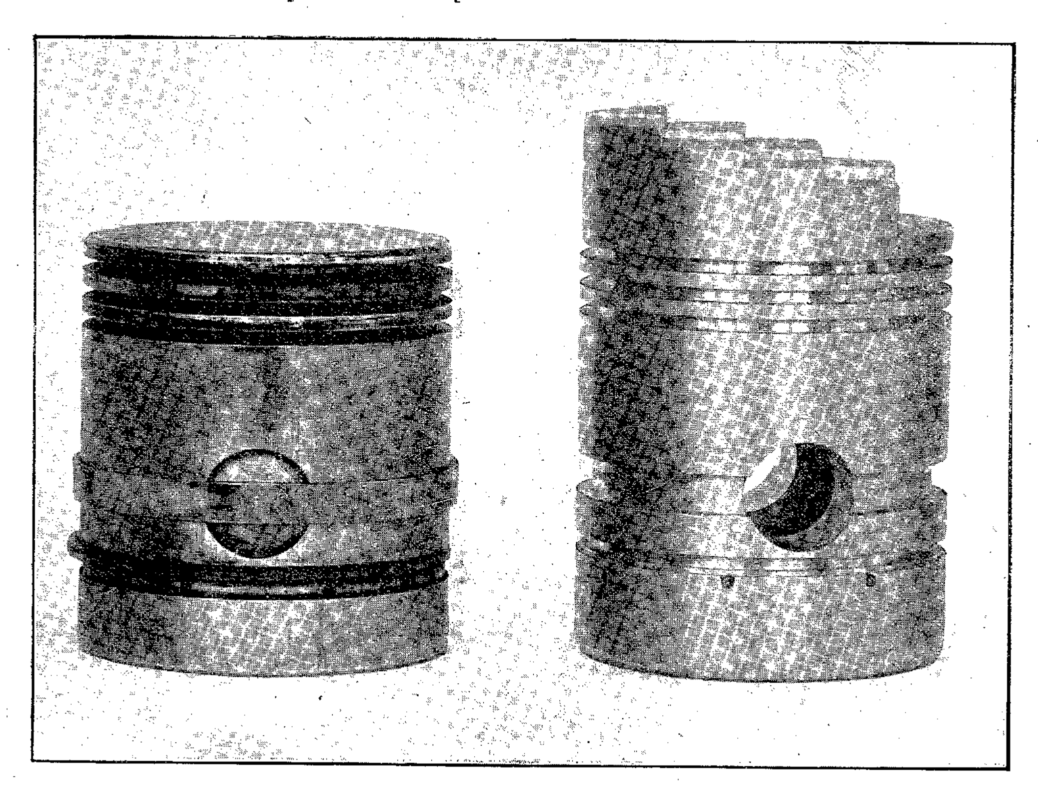
Nous avons ainsi transformé un moteur identique à celui de la voiture qui avait servi aux expériences ayant fait l'objet de notre Communication du 6 juillet 1925. L'allumage se faisant latéralement, nous avons disposé, à partir du point d'allumage, sur la largeur du piston, 4 gradins de 16^{mm} de long et $3^{mm},5$ de haut; la compression volumétrique a été accrue de 4,6 à 6,7. La figure ci-contre montre une vue de l'ancien et du nouveau piston.

Le combustible employé a été, comme dans les essais antérieurs avec

[1] Séance du 31 mai 1926.

antidétonant, un mélange de 77 pour 100 d'essence et 23 pour 100 de pétrole lampant.

Dans ces conditions nous avons retrouvé sensiblement les mêmes résultats que ceux précédemment obtenus avec le plomb tétraéthyl : à savoir une vitesse maximum en palier de 99^{km} à l'heure et une consommation de $11^{\mathrm{l}},5$ aux 100^{km}, avec disparition complète de la détonation.



La limite de compression n'est plus donnée par la détonation; elle résulte alors de l'allumage prématuré par point chaud produit, en particulier, par les électrodes de certaines bougies à la compression de 7.

Ces expériences montrent qu'il est parfaitement possible d'éliminer le phénomène de détonation, sans emploi d'antidétonants, uniquement par des procédés physiques, faciles à appliquer, et de reculer la limite pratique de compression jusqu'à la valeur déterminée par la présence de points à température élevée à l'intérieur de la chambre de combustion.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application de la relativité aux systèmes atomiques et moléculaires*. Note de M. Th. de Donder.

Si l'on veut appliquer la relativité à des systèmes possédant un nombre déterminé de degrés de liberté, f par exemple, on est amené à poser, dans le cas des systèmes holonomes,

$$x_\alpha = x_\alpha(x'_1, x'_2, x'_3, x'_4; q_1, \ldots, q_f) \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4), \tag{1}$$

où x_α représente un événement dans un premier mode de référence, où x'_α représente cet événement dans un nouveau mode de référence tel que x'_α demeure *constant* quand le temps propre s reçoit l'accroissement ds; on aura donc $dx'_\alpha = 0$. Enfin, $q_1, \ldots, q_f$ sont des fonctions de s; nous poserons $\frac{dq_\varphi}{ds} = \varkappa^\varphi$ ($\varphi = 1, \ldots, f$). Nous introduirons en outre la variation δ' telle qu'on ait $\delta' q_\varphi = 0$ et $\delta' s = 0$, tandis que les $\delta' x'_1, \ldots, \delta' x'_4$ seront différents de zéro. Nous aurons à utiliser les fonctions

$$\left\{\begin{aligned} W^2 &= \sum_\alpha \sum_\beta g_{\alpha\beta}\, u^\alpha u^\beta = \sum_\varphi \sum_\psi g^*_{\varphi\psi}\, \varkappa^\varphi \varkappa^\psi = 1, \\ U &= \sum_\alpha \Phi_\alpha u^\alpha \qquad\quad = \sum_\varphi \Phi^*_\varphi \varkappa^\varphi, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

où u^α définit la vitesse d'un point-événement x_α du système, où φ_α est le potentiel électromagnétique. Les Φ^*_φ se déduisent des Φ_α au moyen de (1) et (2). Nous aurons à utiliser aussi

$$\left\{\begin{aligned} A_\alpha &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial W}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial W}{\partial x_\alpha}\right), & B_\alpha &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial U}{\partial x_\alpha}\right), \\ A^*_\varphi &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial W}{\partial \varkappa^\varphi}\right) - \left(\frac{\partial W}{\partial q_\varphi}\right), & B^*_\varphi &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U}{\partial \varkappa^\varphi}\right) - \left(\frac{\partial U}{\partial q_\varphi}\right). \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On démontre que

$$A^*_\varphi = \sum_\alpha A_\alpha \frac{\partial x_\alpha}{\partial q_\varphi}, \qquad B^*_\varphi = \sum_\alpha B_\alpha \frac{\partial x_\alpha}{\partial q_\varphi}. \tag{4}$$

Il en résulte que le théorème du tenseur électromagnétique [1] devient

---

[1] *Voir* équation (200) de ma *Théorie des champs gravifiques* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XIV, Paris, 1926).

ici

$$\int [A^*_\varphi \delta' \tau^{(m)} + B^*_\varphi \delta' \tau^{(e)}] = 0 \tag{5}$$

où

$$\delta' \tau^{(m)} = \sigma^{(m)} \delta' x_1 \ldots \delta' x_4 \quad \text{et} \quad \delta' \tau^{(e)} = \sigma^{(e)} \delta' x_1 \ldots \delta' x_4$$

en représentant respectivement par $\sigma^{(m)}$ et $\sigma^{(e)}$ les facteurs de densité massique et électrique.

Dans le cas où le système atomique ou moléculaire se réduit à un nombre N de particules électromagnétiques *assimilables à des points*, on aura, en vertu de (5), *par un passage à la limite*,

$$A^*_{\varphi\nu} \tau^{(m)}_\nu + B^*_{\varphi\nu} \tau^{(e)}_\nu = 0 \qquad (\nu = 1 \ldots N) \tag{6}$$

où $\tau^{(m)}_\nu$ et $\tau^{(e)}_\nu$ sont des *constantes* relatives à la $\nu^{\text{ième}}$ particule. Les équations (6) ont la forme de Lagrange; pour les mettre sous la forme canonique, on n'aura qu'à poser

$$\begin{cases} H_\nu = -A_\nu + \sum_\varphi p_{\varphi\nu} \chi^\varphi, \\ A_\nu = W \tau^{(m)}_\nu = U \tau^{(e)}_\nu; \qquad p_{\varphi\nu} = \left(\dfrac{\partial A_\nu}{\partial \chi^\varphi}\right). \end{cases} \tag{7}$$

Alors les équations (6) s'écriront

$$\frac{dq_\varphi}{ds} = \frac{\partial H_\nu}{\partial p_{\varphi\nu}}; \qquad \frac{dp_{\varphi\nu}}{ds} = -\frac{\partial H_\nu}{\partial q_\varphi} \qquad (\varphi = 1 \ldots f). \tag{8}$$

avec la condition $H_\nu = 0$ $(\nu = 1 \ldots N)$. L'intégration du système (8) se réduit à la recherche d'une intégrale complète S_ν de l'équation

$$\sum_\varphi \sum_\psi g^{\varphi\psi}_* \left(\frac{\partial S_\nu}{\partial q_\varphi} - \tau^{(e)}_\nu \Phi^*_\varphi\right)\left(\frac{\partial S_\nu}{\partial q_\psi} - \tau^{(e)}_\nu \Phi^*_\psi\right) = (\tau^{(m)}_\nu)^2. \tag{9}$$

où $g^{\varphi\psi}_*$ est le mineur de $g^*_{\varphi\psi}$, divisé par le déterminant g^* des $g^*_{\varphi\psi}$. Les valeurs des x'_α dans (9) sont celles qui se rapportent à la particule d'indice ν.

La quantification des systèmes atomiques ou moléculaires définis par (1) et (8) consistera essentiellement à introduire des conditions telles que les q_φ et les $p_{\varphi\nu}$ puissent s'exprimer au moyen d'*un nouveau* paramètre; ce paramètre pourrait être qualifié d'optique ou de spectral.

L'analyse précédente peut être reprise dans l'espace et le temps t; alors la charge et la masse de l'électron ou d'un noyau prennent la place des $\tau^{(e)}_\nu$

et des $\tau_{\nu}^{(m)}$; l'intuition usuelle facilite ainsi la compréhension de nos systèmes atomiques et moléculaires. Cependant, aux points de vue relativistique et quantique, il nous a paru nécessaire de faire cette étude dans l'espace-temps.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une classe particulière de solutions du problème de la couronne circulaire. Application à la théorie des voûtes circulaires épaisses.* Note de M. **R. Chambaud**, présentée par M. Mesnager.

1. Lorsqu'il existe dans un corps élastique une *tendance interne* aux changements de volume, comme celle qui résulte par exemple des changements de température ou des phénomènes de gonflement ou de retrait, il se développe en général, si cette tendance varie d'un point à un autre, des tensions élastiques non identiquement nulles, même en l'absence de forces extérieures au contour. Le problème de la couronne circulaire admet alors une classe de solutions assez analogues de forme à celles de Ribière ([1]) et que je me propose d'indiquer ici.

Ces solutions permettent de résoudre le problème de la voûte circulaire encastrée, pour une répartition *arbitraire* des efforts d'expansion interne en fonction des rayons et des angles. Il y a là, semble-t-il, un champ d'application à l'art de l'ingénieur et à la technique des barrages-voûtes, notamment dans le cas usuel où ces barrages sont construits par voussoirs successifs, ce qui rend l'état interne variable avec l'azimut considéré.

2. Conservons les notations de mes Notes précédentes ([2]) : r, ω, z sont les coordonnées cylindriques d'un point courant; r_1, r_2 les rayons d'intrados et d'extrados. Le déplacement w dans le sens z est supposé nul; u et v sont les déplacements dans le sens radial et dans le sens circonférentiel; n_1, n_2, t_3 les efforts normaux et l'effort tangentiel suivant les mêmes directions; E le module de Young, σ le coefficient de Poisson.

Désignons par $\delta(r, \omega)$ la dilatation (linéaire) d'une particule de coordonnées r, ω, *supposée libre*, sous l'*effort d'expansion interne* (isotrope) régnant en ce point, et supposons d'abord δ de la forme particulière définie par l'équation

$$E\delta = (1-\sigma)\,\varphi\cos m\omega, \tag{1}$$

où φ est une fonction quelconque de r et m un paramètre arbitraire. Posons

([1]) *Comptes rendus*, **108**, 1889, p. 561; **132**, 1901, p. 315.
([2]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 905; **182**, 1926, p. 43.

encore

$$\varphi_m = \int \varphi r^m dr. \tag{2}$$

On satisfait aux équations indéfinies de l'élasticité (généralisées en tenant compte de δ) en prenant pour les tensions

$$(3) \quad \begin{cases} 2n_1 = [\ \ (m-1)\varphi_{-m+1} r^{m-2} - (m+1)\varphi_{m+1} r^{-m-2}] \cos m\omega, \\ 2n_2 = [-(m-1)\varphi_{-m+1} r^{m-2} + (m+1)\varphi_{m+1} r^{-m-2} - \varphi] \cos m\omega, \\ 2t_3 = [-(m-1)\varphi_{-m+1} r^{m-2} - (m+1)\varphi_{m+1} r^{-m-2}] \sin m\omega, \end{cases}$$

et pour les déplacements

$$(4) \quad \frac{2E}{1+\sigma} u = \left(\frac{\varphi_{-m+1}}{r^{-m+1}} + \frac{\varphi_{m+1}}{r^{m+1}}\right) \cos m\omega, \qquad \frac{2E}{1+\sigma} v = \left(-\frac{\varphi_{-m+1}}{r^{-m+1}} + \frac{\varphi_{m+1}}{r^{m+1}}\right) \sin m\omega.$$

Ces expressions sont invariantes si l'on y change m en $-m$. Elles conduisent à des solutions *réelles* quand m est *réel* ou *imaginaire pur*.

La question est alors de savoir si l'on peut en déduire par association avec les solutions de Ribière (contenant quatre constantes arbitraires) des solutions *réelles* du type que j'ai appelé *solutions principales* et qui correspondent à des efforts extérieurs *nuls à la fois sur l'intrados et sur l'extrados*. Or ce problème revient à déterminer les quatre constantes par quatre équations linéaires à second membre, et l'existence des solutions est liée à celle des *racines en m* du déterminant des inconnues que j'ai déjà rencontré dans une précédente recherche ([1]). Nous arrivons ainsi aux conclusions suivantes :

A toute solution réelle de la classe (3) *correspond une solution principale. Si* $m = \pm 1$, *cette solution principale dépend d'une façon linéaire* (*mais non homogène*) *d'une constante arbitraire. Si* $m \neq \pm 1$, *elle est complètement déterminée en fonction de* φ *et ne renferme aucune constante arbitraire.*

3. Faisons maintenant $2m\omega_0 = k\pi$, ($k = 0, 1, 2, 3, \ldots$). Nos solutions principales, appliquées à la *voûte circulaire* d'ouverture $2\omega_0$ comprise entre les plans méridiens des naissances $\omega = 0$ et $\omega = 2\omega_0$, admettront comme condition aux limites une rotation *nulle* des *naissances* avec changement de la corde. En faisant la *compensation* sur la corde de fibre moyenne, par la méthode que j'ai indiquée dans mes Notes précédentes ([2]), on en déduira

---

([1]) *Loc. cit.*, 181.

[Ce déterminant se met sous la forme

$$D = D'(\operatorname{sh}^2 m\theta - m^2 \operatorname{sh}^2 \theta), \qquad \left(D' \neq 0,\ \theta = \log \frac{r_2}{r_1} > 0\right)\Big].$$

([2]) *Loc. cit.*; voir également *Génie civil*, 88, 1926, p. 251, où j'ai donné un exemple numérique de *compensation*.

la solution du problème de la *voûte encastrée* pour la distribution particulière de δ qu'on s'est donnée.

4. Dans le cas enfin où δ est une fonction *quelconque* du point (r, ω), la généralisation est aisée : on peut en effet écrire, en représentant δ par une série de Fourier

$$(5) \qquad \frac{E\delta}{1-\sigma} = \sum_{k=0}^{\infty} \varphi^{(k)} \cos m\omega, \qquad (2m\omega_0 = k\pi,\ 0 \leqq \omega \leqq 2\omega_0),$$

les $\varphi^{(k)}$ désignant des fonctions connues de r dans l'intervalle (r_1, r_2). Nous obtiendrons ainsi par voie d'addition les solutions correspondantes du problème élastique, sous la forme de séries de Fourier jouissant des mêmes propriétés que les solutions simples précédentes. On en déduira de la même façon les solutions principales puis la solution du problème de la voûte encastrée dans le cas général que nous avions en vue. Naturellement, si la distribution de δ est symétrique par rapport au rayon de clé il sera plus commode de prendre ce rayon pour origine des angles. Les angles varieront alors de $-\omega_0$ à $+\omega_0$ et l'on fera $m\omega_0 = k\pi$.

Dans toutes ces solutions l'effort normal n_3 dans le sens des génératrices est donné par la formule $(1-\sigma)n_3 + E\delta = 0$.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des verres industriels.*
Note de M. M. Samsoen, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les principaux constituants des verres industriels sont : la silice, l'alumine, la chaux et la soude. Les proportions respectives de ces constituants varient dans des limites restreintes. Nous avons pris comme base de nos recherches les trois verres de compositions suivantes :

Verres.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	$Na^2O + K^2O$.	Fe^2O^3.	MgO.	Mn^3O^4.	Total.
A......	69,95	1,7	17,35	10,00	0,65	0,15	0,05	99,85
B......	68,6	2,7	8,6	18,3	1,3	0,2	0,35	100,05
C......	64,85	6,37	13,85	11,9	1,63	1,23	0,07	99,90

Ces verres sont respectivement riches en chaux, soude et alumine; il était possible, en mélangeant ces verres en proportions variables, de faire une étude systématique comprenant ces verres et toutes les compositions intermédiaires.

Toutes nos mesures de dilatation ont été faites au dilatomètre différentiel de Chevenard par comparaison avec le Baros. Nos éprouvettes de verre de

50^{mm} de longueur ont été obtenues par le procédé suivant : les verres A, B et C, broyés en une poudre passant au tamis 200, ont été mélangés en proportions variables; ces mélanges, après avoir été agités, ont été portés pendant un temps suffisant jusqu'à une température comprise entre 1400° et 1500° dans un creuset de platine. Dans ces conditions l'homogénéité du produit vitreux obtenu a toujours été parfaite. Il a suffi de renverser le creuset de platine alors que son contenu était à une température variant de 700° à 1100° pour qu'il s'écoule un liquide visqueux prenant au refroidissement la forme d'une baguette rectiligne, de dimensions convenant parfaitement aux expériences dilatométriques.

Nous donnons dans le Tableau suivant un certain nombre de résultats. Dans la première colonne nous indiquons le mode de préparation; les lettres A, B, C se rapportent aux trois verres initiaux et les chiffres placés en exposants donnent la proportion pondérale de chacun de ces verres entrant dans le mélange. Dans les quatre colonnes suivantes nous avons porté les teneurs en silice, alumine, chaux et alcalis; dans la cinquième colonne le coefficient de dilatation à 20°; dans la sixième la température du point de transition et, dans la dernière, le coefficient de dilatation enregistré au-dessus de cette température.

Composition.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	Na^2O+K^2O.	$C_1 \times 10^{-6}$ 20°.	Température de transition.	$C^2 \times 10^{-6}$.
A.......	69,95	1,7	17,35	10,00	6,54	480°	22,5
B.......	68,6	2,7	8,6	18,3	8,84	500	34,7
C.......	64,85	6,37	13,85	11,9	6,67	540	18,6
A^1B^1....	69,27	2,3	12,97	14,15	7,72	510	28,4
A^1C^1....	67,35	4,04	15,60	10,95	8,15	535	26,3
B^1C^1....	66,72	4,33	11,22	15,10	7,77	525	22,5
B^3C^1....	67,7	3,62	9,91	16,7	8,69	515	27,4
B^1C^3....	65,8	5,45	12,54	13,5	6,92	550	19,1
A^3C^1....	68,7	2,87	16,5	10,5	7,28	495	20,4
A^1C^3....	66,1	5,2	14,7	11,4	7,41	535	15,3
$A^1B^1C^1$..	67,8	3,6	13,3	13,4	8,07	530	23,7
$A^4B^1C^1$..	68,87	2,64	15,3	11,7	7,26	530	25,9
$A^1B^4C^1$..	68,5	3,14	10,9	15,85	7,82	485	22,3
$A^1B^1C^4$..	66,32	5,00	13,56	12,65	7,43	540	27,0
A^3B^1....	69,61	1,95	15,16	12,1	6,78	485	24,5
A^1B^3....	68,94	2,35	10,81	16,19	8,53	495	30,8
$A^3B^3C^2$..	68,17	3,42	13,22	13,59	8,15	515	29,3

Les coefficients de dilatation sont les coefficients vrais calculés par la

méthode des tangentes. Ils croissent avec la température. Pour le verre A'B' on a :

20°	7,72	10^{-6}
400	9,53	–
500	10,01	–

La complexité du problème rend toute conclusion théorique hasardée. Cependant cette étude systématique met en défaut, même pour les verres industriels, la règle additive beaucoup trop simple de Winkelmann et Schott. Si l'additivité était vérifiée, la surface obtenue en portant perpendiculairement au diagramme triangulaire des cotes égales aux coefficients de dilatation, serait un plan et les sections de ce plan par des plans verticaux seraient des droites.

Si l'écart qui sépare la courbe de la droite moyenne n'est pas très considérable pour les mélanges AB et BC, il est considérable pour les mélanges AC.

Par exemple le mélange A'C' possède une dilatation égale à $8,15.10^{-6}$, quand le calcul par la règle des mélanges donnerait une dilatation de $6,62.10^{-6}$. Ce résultat confirme les anciennes expériences de M. Grenet sur les verres alumineux.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons α à charge simple.*
Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de travaux expérimentaux sur les rayons α, j'ai eu l'occasion d'étudier la technique qui concerne la photographie de ces rayons déviés sous l'action d'un champ magnétique. J'ai réussi à obtenir des photographies nettes des deux groupes de rayons α du dépôt actif du Th avec une source dont le rayonnement γ était faible et équivalent à celui de 0,05 millicurie de R_a-él. et après une exposition de 6 minutes seulement. Ayant pu concentrer plus de 10 millicuries sur une source ayant la même forme géométrique, les rayons doivent être, en ce cas, visibles après une exposition de 2 secondes. La période du dépôt actif étant suffisamment longue, 10,6 heures, on peut donc espérer déceler après 1 heure d'exposition, des groupes de rayons environ 2000 fois moins intenses que les groupes principaux.

En effet j'ai pu obtenir sur plusieurs clichés, en plus des deux raies dues

au ThC et au ThC′, deux autres raies fines se trouvant à mi-chemin à partir de la raie centrale.

En 1922 (¹) S.-H. Henderson a signalé avoir photographié, à l'aide des plaques Schumann dans l'extrême vide, une « bande mi-chemin » qu'il attribuait à des rayons α portant une charge simple; les rayons, dus au radium C avaient été préalablement ralentis. D'après l'auteur, un vide très poussé était essentiel pour apercevoir le faisceau à charge simple.

Rutherford a repris la question par la méthode de scintillations et a pu donner des renseignements sur le rapport du nombre des rayons α portant double et simple charge, en fonction de l'épaisseur traversée.

Comme Henderson n'a pu photographier les rayons α à simple charge que dans un faisceau ayant traversé la matière, il paraît intéressant de signaler que ces rayons, supposés à charge simple, existent déjà dans les faisceaux non ralentis provenant du dépôt actif du ThC, et que j'ai pu les photographier à l'aide de plaques photographiques ordinaires. D'après Rutherford (²) d'ailleurs, les rayons portant une charge simple existeraient déjà à partir de la source. Quant au rapport du nombre de ces rayons supposés à charge simple à celui des rayons à charge double, dans les conditions où je les ai photographiés, il serait difficile de donner des nombres exacts; toutefois, je crois que le rapport 1 : 1000 pourrait donner une idée approximative. L'aspect des raies « mi-chemin » est le même que celui des raies principales. Je signale encore, que sur mes clichés, en plus des raies « mi-chemin », il existe une petite bande très faible entre la raie centrale et les raies nouvelles.

Dispositif expérimental. — La source était le bord d'une bandelette d'argent ou d'or de $0^{mm},05$ d'épaisseur et de 8^{mm} de longueur. Ce bord, préalablement rodé entre deux pièces de laiton ou d'ébonite, était seul activé. Son rayonnement γ était équivalent à environ 11 millicuries de R_a-él. Cette bandelette était serrée entre deux pièces de laiton, et le petit bloc ainsi formé pouvait être ajusté au-dessous de la fente de l'appareil à déviation magnétique (³); cette fente était moins serrée que d'habitude. Le rayon de courbure dans le champ magnétique était défini dans ces conditions par la source quasi linéaire et la fente supérieure. La fente inférieure était recouverte d'une feuille d'Al de $0^{mm},05$ d'épaisseur pour

(¹) Henderson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **102**, 1922, p. 496.
(²) Rutherford, *Phil. Mag.*, **47**, 1924, p. 277.
(³) S. Rosemblum, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1332.

empêcher une contamination possible par l'effet du recul radioactif. Avant d'installer la source, on s'était assuré par un examen en rayons γ pénétrants que l'appareil n'était pas contaminé. La feuille d'Al protectrice de la fente réduisait de 3 pour 100 la vitesse initiale des rayons de ThC'. Une expérience a été faite en supprimant la feuille; les raies « mi-chemin » persistaient, sans être sensiblement affaiblies. Le vide était obtenu à l'aide d'une pompe à huile, à double étage, la pression était inférieure à $0^{mm},01$ de mercure. Le champ magnétique était de l'ordre de 15000 gauss. J'ai obtenu dans trois expériences successives les résultats suivants pour les distances des milieux des raies à partir de la raie centrale :

	ThC.	ThC'.	Raie I mi-chem.	Raie II mi-chem.	Fin de bande.	Tête de bande.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
I.................	3,07	2,37	1,49	1,18	0,55	0,28
II................	2,88	2,29	1,53	1,21	0,61	0,32
III...............	-	3,60	faible	1,92	-	-

Dans l'expérience III la distance plaque-source était plus grande. Le rapport des déviations correspondantes est à la précision des mesures sensiblement 1:2. Un effet de surexposition diminue la précision des lectures au microscope pour les raies fortes. Ces recherches seront poursuivies et l'on espère pouvoir entreprendre ultérieurement une étude des rayons α du dépôt actif du Th par la méthode de déviation dans un champ électrique. Quant à la bande « mi-mi-chemin », il serait prématuré de tenter une explication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Allure des isothermes représentant la résistivité et le pouvoir thermo-électrique des ferronickels réversibles, dans l'intervalle* $-200°$ *à* $+1000°$. Note (¹) de M. **Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les isothermes qui représentent les propriétés des ferronickels réversibles en fonction de la concentration ont, en général, une allure tourmentée parce que les différents alliages, observés à la même température, ne sont pas à la même étape de leur transformation magnétique. Mais cette allure se simplifie aux températures élevées où la transformation est à peine commencée, et aux températures très basses où elle est presque achevée pour tous les alliages.

(¹) Séance du 31 mai 1926.

Pour certaines propriétés, les isothermes tracées aux basses températures présentent des singularités bien nettes sur l'ordonnée de l'alliage Fe^2Ni, qui renferme 34,45 pour 100 Ni. On note un point anguleux dans les diagrammes de l'aimantation à saturation (¹), du volume spécifique (²) et des modules d'élasticité (³), calculés pour le zéro absolu, et un maximum très aigu de la courbe de l'anomalie totale (⁴). D'autre part, ainsi que M. Guillaume l'a montré, le minimum des isothermes de dilatabilité rétrograde du côté du fer quand la température s'abaisse; à 0°, l'abscisse du minimum est d'environ 35,5 pour 100 Ni, et j'ai constaté qu'elle tend à se fixer au voisinage de 34,5 pour 100 Ni aux températures inférieures à — 100°.

Il m'a paru intéressant de rechercher si l'étude de la résistivité et du pouvoir thermo-électrique des ferronickels, entre — 195° et + 1000°, apporterait de nouveaux arguments en faveur de l'existence de Fe^2Ni : à ma connaissance, cette détermination expérimentale n'a pas encore été entreprise, pour l'ensemble des ferronickels, dans un intervalle de température aussi étendu.

Les alliages d'essai, préparés avec du nickel Mond et du fer électrolytique, renferment, pour principale impureté, la petite quantité de manganèse indispensable au forgeage : 0,2 à 0,7 pour 100 suivant la teneur en nickel. Ils ont été étudiés, au laboratoire des aciéries d'Imphy, au moyen d'un enregistreur qui inscrit, sur une plaque sensible, la variation thermique de la résistance électrique d'un barreau ou la force thermo-électrique d'un couple platine-alliage étudié.

Le réseau de la figure ci-après, qui groupe des isothermes échelonnées de — 200° (⁵) à + 1000°, concerne la résistivité des ferronickels réversibles, c'est-à-dire des solutions solides austénitiques qui correspondent à l'état stable à chaud du système fer-nickel.

Pour les alliages riches en fer, le domaine de l'état austénitique est limité par la transformation allotropique au refroidissement Ar. C'est pourquoi, au-dessous de 900°, température du point Ar du fer pur, les

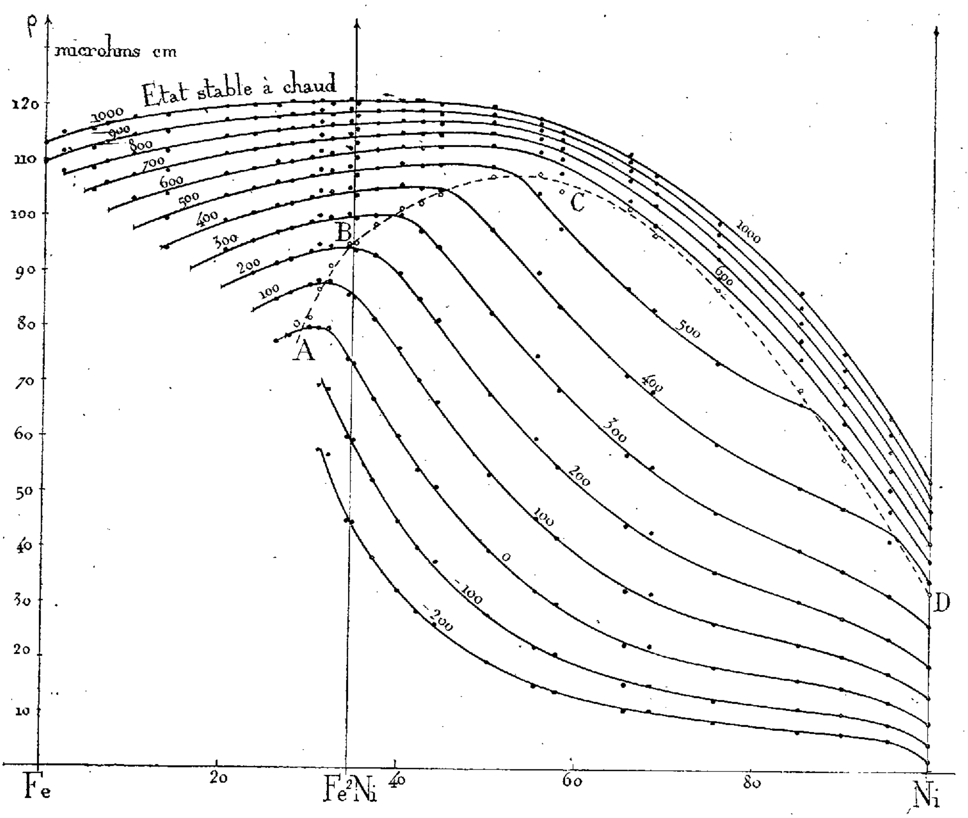
---

(¹) P. Weiss et G. Foex, *J. de Phys.*, 5ᵉ série, **1**, 1911, p. 809, et M. Peschard, *Rev. de Métallurgie*, **22**, 1925, p. 604.

(²), (³), (⁴) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 53; **172**, 1921, p. 594; **181**, 1925, p. 780.

(⁵) Les courbes enregistrées entre — 195° et + 1000° sont nettes et régulières et peuvent être extrapolées jusqu'à — 200° sans erreur appréciable. Mais il m'a paru impossible de les extrapoler jusqu'au zéro absolu avec une certitude suffisante.

isothermes sont tronquées vers la gauche. Mais les alliages tenant 31 à 34 pour 100 Ni refroidis très rapidement peuvent conserver leur état stable à chaud à — 195°; cette aptitude à l'hypertrempe a permis de prolonger jusqu'à 31 pour 100 Ni l'isotherme de — 200°, qui devrait s'arrêter à 34 pour 100 Ni environ. Or cette courbe ne paraît pas présenter d'accident



Isothermes résistivité-concentration des ferronickels réversibles.

à l'aplomb de Fe^2Ni. Quant aux isothermes relatives aux températures élevées, elles sont sûrement exemptes de singularité.

La transformation magnétique d'un ferronickel réversible se manifeste sur la courbe résistivité-température par un changement de direction, la température du point de plus forte courbure coïncidant avec le point de Curie. Le lieu de ces points de plus forte courbure est une ligne ABCD, qui jalonne aussi les coudes des lignes isothermes. Cette courbe ABCD paraît posséder un point anguleux en B, sur l'ordonnée de Fe^2Ni.

Les isothermes du pouvoir thermo-électrique ont, dans leur ensemble, la même allure que celles de la résistivité et appellent les mêmes remarques.

En résumé, les résultats recueillis dans l'étude des propriétés électriques des ferronickels réversibles entre — 195° et + 1000° ne mettent pas nettement en évidence le composé Fe^2Ni, mais ne contredisent pas non plus son existence. Pour recueillir des indications plus nettes, il serait nécessaire de poursuivre les expériences au-dessous de — 195°, afin de comparer les alliages aux températures voisines du zéro absolu.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures de phosphore, étain, arsenic, antimoine, plomb, bismuth, silicium, titane, zirconium et thorium.* Note de M. T. **Karantassis**, présentée par M. Urbain.

Dans une Note précédente [1] nous avons décrit le phénomène de la double décomposition avec les halogénures des métaux du groupe de l'arsenic, et ceux des métaux du groupe de l'étain. Nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés du phosphore d'une part, de l'arsenic, de l'antimoine, du bismuth, du plomb, de l'étain, du silicium, du zirconium, du thorium, du titane d'autre part.

Triiodure de phosphore et chlorure stannique. — La réaction devait être ainsi $4I^3P + 3Cl^4Sn = 3I^4Sn + 4Cl^3P$. On l'a vérifiée comme suit : le mélange des substances, qui était accompagné d'un échauffement assez notable en donnant un liquide rouge foncé, est chauffé dans un petit ballon à distiller sur un bain-marie; pour éviter l'action de l'air et de l'humidité on opère dans un courant de CO^2 sec. On recueille d'abord la portion qui passe entre 76° à 80°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est Cl^3P.

Le résidu ne distille qu'à 295°-330°, c'est du I^4Sn pur qui pesait 6g,8 au lieu de 7g,2 correspondant à la quantité théorique. Cette petite différence provient de ce que notre essai n'était pas quantitatif. La réaction était totale dans le sens de la formation de I^4Sn.

Le système inverse I^4Sn et Cl^3P ne réagit pas.

Triiodure de phosphore et trichlorure d'antimoine. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction $Cl^3Sb + I^3P \rightleftharpoons I^3Sb + Cl^3P$ a lieu dans le sens → et l'on isole facilement Cl^3P formé. Le résidu ne distille qu'au-dessus de 400° : c'est du

(1) T. Karantassis, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 699.

I^3Sb pur, qui pesait 9g,5 au lieu de 9g,97 calculé. Là encore, la réaction était totale. Le système inverse I^3Sb et Cl^3P ne réagit absolument pas.

Pentachlorure de phosphore et triiodure d'antimoine. — La réaction peut être expliquée ainsi :

$$3\,Cl^5P + 3\,I^3Sb = 3\,Cl^3Sb + ICl + 3\,Cl^3P$$

ou

$$3\,Cl^5P + I^3Sb = 3\,Cl^3P + 3\,ICl + Cl^3Sb,$$

le $Cl^5P \rightarrow Cl^2 + Cl^3P$.

En opérant avec 3^{mol} de Cl^5P et 4^{mol} de I^3Sb et en chauffant au bain-marie, on a une première fraction qui distille de 76°-80°, formé d'un liquide légèrement coloré en violet : c'est Cl^3P. Dans le ballon, il reste comme résidu une masse solide très fortement colorée en violet foncé par l'iode mis en liberté. On chasse l'iode et on a comme résidu une masse jaunâtre à chaud spongieuse et qui se volatilise sans fondre : c'est $SbCl^5, PCl^5$ formé pendant la réaction. D'après ces données la réaction doit être ainsi :

$$7\,Cl^5P + 2\,I^3Sb = 5\,Cl^3P + 6I + 2\,Cl^5Sb.Cl^5P.$$

La formation de SbICl n'a pas eu lieu.

Triiodure de phosphore et pentachlorure d'antimoine. — La réaction devait être ainsi :

$$C^5Sb + I^3P = Cl^5P + I^3Sb.$$

En faisant agir Cl^5Sb sur I^3P, il se produit une vive réaction accompagnée d'échauffement notable et de vapeurs d'iode mises en liberté. On isole d'abord le Cl^3P formé. Le résidu était composé de I^3Sb et d'une petite quantité de $SbCl^5.PCl^5$. Là, la réaction se passe comme avec la Cl^5P et le I^3Sb, mais comme on est parti de molécules égales de Cl^5Sb et de I^3P, la quantité Cl^5P fermée est trop faible pour réagir sur I^2Sb formé et donner $SbCl^5.PCl^5$.

Triiodure de phosphore et trichlorure d'arsenic. — La réaction était totale dans le sens de la formation de I^3As qui pesait 7g au lieu de 7g,3. Le système inverse I^3As et Cl^3P ne réagit pas.

Triiodure de phosphore et chlorure de bismuth. — La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^3Bi qui pesait 4g,7 au lieu de 4g,92. Le système inverse ne réagit absolument pas.

Triiodure de phosphore et chlorure de plomb. — Ici encore la réaction était totale. On a trouvé 3g,52 de I^2Pb au lieu de 3g,8. Le système inverse ne réagit pas.

Tétraiodure de titane et trichlorure de phosphore. — La double décomposition était totale dans le sens de la formation de I^3P et Cl^4Ti. Le système inverse I^3P et Cl^4Ti ne réagit pas, même en chauffant en tube scellé à 200° pendant trois heures.

Tétrachlorure de silicium et triiodure de phosphore. — Il ne se produit aucune réaction.

Tétrachlorure de zirconium et triiodure de phosphore. — Pas de réaction. Aussi avec Cl^4Zr et I^4Sn il ne se produit aucune réaction. On sépare par distillation le I^4Sn employé et l'on a comme résidu Cl^4Zr.

Tétrachlorure de thorium et iodure stannique. — En chauffant molécules égales

de I^4Sn et Cl^4Th on n'observe aucune réaction. On sépare par distillation I^4Sn et l'on a comme résidu Cl^4Th. Avec Cl^4Th et I^3P il ne se produit aucune réaction.

De cette Note et de la précédente, on peut tirer les conclusions suivantes :

Dans le groupe des métalloïdes trivalents, l'iodure d'un élément de poids atomique faible échange son iode contre le chlore ou le brome d'un halogénure d'élément de poids atomique plus fort.

Si nous subdivisons les métalloïdes équivalents en deux sous-groupes :

(I) C, Si, Ti, Zr, Th, Ce, Celt

et

(II) Ge, Sn, Pb,

nous voyons que l'iodure de titane fait échange de son iode avec les chlorures des métalloïdes trivalents, et il en serait de même pour les autres iodures du groupe (I) car leurs chlorures ne réagissent pas sur l'iodure de phosphore. En outre aucun chlorure (I) ne réagit sur I^4Sn seul représentant abordable du groupe (II).

Étant données les analogies de Zr et de Celt, il est certain que ce dernier se comporterait comme Zr. Il reste enfin une réaction intéressante à effectuer : c'est celle d'un halogénure de Ge avec un halogénure de Sn; le prix élevé du germanium ne nous a pas permis de tenter cette vérification.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des composés organomagnésiens sur quelques amides* N *dialcoylées aromatiques.* Note [1] de M. N. **Maxim**, présentée par M. G. Urbain.

L'action des organomagnésiens sur les amides a fait l'objet déjà d'un certain nombre de travaux. On sait que la réaction normale indiquée par Beis [2] pour les amides primaires est

$$(I) \qquad RCONH^2 + R'MgX \rightarrow RCOR' + NH^3.$$

Avec une amide dialcoylée, on aura

$$(II) \qquad RCON(R_1)^2 + R'MgX \rightarrow RCOR' + HN(R_1)^2.$$

(1) Séance du 31 mai 1926.

(2) Bèis, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 575.

Avec certaines amides dialcoylées différents auteurs, Bouveault ([1]) pour la N diéthylformamide, Busch ([2]) pour l'éthylanilide benzoïque, M. Blaise et M^{lle} Montagne ([3]) pour la tétréthyldiamide glutarique ont signalé l'existence d'une réaction secondaire qui peut être très importante ou même prédominante dans certains cas. On l'exprimera de la façon suivante sans rien préjuger en ce qui concerne le mécanisme de la réaction

$$\text{(III)} \qquad RCON(R_1)^2 + 2R'MgX = R\overset{\overset{\displaystyle (R')^2}{\|}}{C}N(R_1)^2 + MgO + MgX^2.$$

J'ai entrepris l'étude d'un certain nombre d'amides N diéthylées de la série aromatique afin de voir si dans ce cas cette dernière réaction est susceptible d'être mise en évidence. J'ai condensé différents organomagnésiens sur les amides dialcoylées suivantes : N diéthylbenzamide, N diéthylphénylacétamide, N diéthylphényl propionamide, N diéthyldiphénylacétamide et N diéthyldibenzylacétamide.

J'ai étudié aussi la phénylacétamide primaire, la diphénylacétamide primaire et la dibenzylacétamide primaire.

Dans aucun cas je n'ai observé la réaction secondaire (III) indiquée plus haut. Les amides mises en œuvre ont donné exclusivement des cétones d'après la réaction (II) ou bien n'ont pas réagi.

Au cours de ce travail, j'ai fait les remarques suivantes :

1. Suivant que la réaction est faite au sein de l'éther ou bien dans le benzène ou le toluène à la température d'ébullition de ces solvants les rendements varient de 30 à 70 pour 100.

2. Les amides primaires réagissent mieux que les amides dialcoylées correspondantes.

3. Le bromure de phénylmagnésium a une activité réactionnelle supérieure à celle des halogénures gras utilisés.

N diéthylbenzamide. — Avec le bromure d'éthylmagnésium on obtient l'éthylphénylcétone; avec le chlorure de benzylmagnésium on a la désoxybenzoïne.

N diéthylphénylacétamide. — Elle ne réagit pas avec les halogénures d'éthylmagnésium; le bromure de phénylmagnésium conduit à la désoxybenzoïne.

Phénylacétamide primaire. — Cette amide réagit normalement avec le bromure d'éthylmagnésium; on obtient la benzyléthylcétone.

N diéthylphényl propionamide $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.N(C^2H^5)^2$. — Ce composé

([1]) Bouveault, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 31, 1904, p. 1322.

([2]) Busch, *Central Blatt*, 1910 (2), p. 1460.

([3]) M. Blaise et M^{lle} Montagne, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1345.

n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un liquide bouillant à 170° sous 11mm. Il donne avec le bromure d'éthylmagnésium la 1 phényl-pentane-one 3; la semi-carbazone qui n'avait pas encore été signalée fond à 131°-132°. Avec le bromure de phénylmagnésium on obtient l'α-benzylacétophénone; la semi-carbazone qui n'avait pas encore été signalée fond à 140°.

N diéthyldiphénylacétamide $(C^6H^5)^2CHCON(C^2H^5)^2$. — Ce composé n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un corps cristallisé fondant à 64°-65°. Il ne réagit ni avec le bromure d'éthylmagnésium ni avec le bromure de phénylmagnésium.

Diphénylacétamide primaire. — Elle réagit avec le bromure d'éthylmagnésium et donne la 1-1 diphénylbutane-one 2 $(C^6H^5)^2CH.COC^2H^5$; cette cétone n'avait pas encore été signalée. C'est un liquide bouillant à 186° sous 14mm. La semi-carbazone fond à 189°-190°.

N diéthyldibenzylacétamide $(C^6H^5CH^2)^2CH.CO.N(C^2H^5)^2$. — Ce composé n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un corps cristallisé fondant à 56°; point d'ébullition 225 sous 13mm. Il ne réagit ni avec le bromure d'éthylmagnésium ni avec le bromure de phénylmagnésium.

Dibenzylacétamide primaire. — Cette amide réagit avec le bromure d'éthylmagnésium et donne la 1-1 dibenzylbutane-one 2 $(C^6H^5CH^2)^2CH.CO.C^2H^5$; cette cétone n'avait pas encore été signalée; c'est un liquide bouillant à 205° sous 17mm. La semicarbazone fond à 160°-161°.

On voit que dans tous les cas étudiés ici la réaction de Béis dite normale a été seule observée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Aréisme et Indice d'aridité.* Note de M. Em. de Martonne, présentée par M. R. Bourgeois.

J'ai fait connaître (¹) les résultats auxquels je suis arrivé (en collaboration avec L. Aufrère) touchant l'étendue du drainage océanique. Plus d'un quart de l'ensemble des terres y échappe, 30 pour 100 si l'on fait abstraction des terres polaires. Les propriétés des régions privées d'écoulement vers les océans paraissent si singulières au point de vue hydrographique, climatologique, morphologique et géologique même, qu'il semble nécessaire d'établir des distinctions et de créer des termes généraux permettant de définir les différentes modalités de l'écoulement.

On peut parler de *drainage extérieur* ou de *drainage océanique* dans tous

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 939.

les cas où il y a écoulement régulier vers la mer; de *drainage intérieur* ou de *drainage continental* dans le cas contraire. Mais, parmi les régions de drainage intérieur, il convient de distinguer celles où l'écoulement, régulier ou intermittent, aboutit à une dépression fermée, et celles où l'eau tombée ne donne aucun écoulement. Pour ce dernier cas, il est commode de disposer d'un terme simple et international; je propose celui d'*arrhéisme* (de α et ῥεω) ou, si l'on admet une orthographe simplifiée, *aréisme*. Par analogie on dira *endorrhéisme* (ou *endoréisme*) pour drainage intérieur et *exorrhéisme* (ou *exoréisme*) pour drainage océanique.

Les proportions de l'endoréisme par degrés de latitude ont été données précédemment ([1]) et l'on a montré leur rapport avec une fonction des précipitations et de la température $P:(T+10)$. Je propose de donner à cette fonction le nom d'*indice d'aridité*.

Il est intéressant d'en dresser la carte pour l'ensemble des continents et la comparaison avec la carte du drainage intérieur révèle des faits intéressants. On constate en outre que l'indice d'aridité a un rapport direct avec les aspects de la végétation et les conditions mêmes de l'exploitation du sol; si bien qu'on peut le considérer comme une notion climatologique nouvelle d'une grande valeur géographique.

Notons d'abord que les régions aréiques correspondent à des indices d'aridité inférieurs à 5 (Sahara, Arabie, Turkestan, Australie centrale, Désert de Gila, Kalahari). L'endoréisme s'étend à presque toutes les régions où l'indice d'aridité est au-dessous de 10. S'il dépasse en Asie, il est clair que ce fait est dû aux mouvements orogéniques qui ont créé des bassins fermés. L'aire de drainage de la Caspienne déborde largement sur une zone où l'indice d'aridité est supérieur à 20 ou même 30 (Haut Volga). Dans l'Amérique du Sud l'extension de l'aréisme paraît anormale. Par contre des conquêtes récentes de l'exoréisme sont indiquées en Afrique par une extension du drainage océanique dans des régions où l'indice d'aridité est voisin de 20 (Kalahari-Zambèze) ou même inférieur à 10 (cuvette de Tombouctou).

La carte de l'indice d'aridité donne une expression climatologique très supérieure à celle des pluies; elle permet de définir exactement les climats secs (ce sont ceux où l'indice est inférieur à 20 et où, par suite, l'écoulement est temporaire), et les pays humides (ce sont ceux où l'indice est supérieur à 30 et où l'écoulement est constant). L'influence du relief, favorable ou défavorable, suivant le système de pentes créé par les mouve-

---

([1]) *Loc. cit.*

ments orogéniques, au drainage océanique, s'exerce entre les indices 10 et 30. Au-dessus de 40, l'écoulement vers la mer est non seulement assuré mais abondant. Au-dessous de 5 l'aréisme est inévitable.

L'examen de la carte montre un rapport évident de l'indice d'aridité avec la végétation naturelle et les possibilités agricoles. La végétation est très pauvre au-dessous de 10; en général, le vrai désert correspond à des valeurs inférieures à 5, les steppes désertiques de 5 à 10. La culture par *dryfarming* devient possible à partir de 10. L'irrigation est toujours utile jusqu'aux valeurs 20. Les formations végétales herbacées, frutescentes ou épineuses s'étendent en général dans les régions où l'indice varie de 10 à 30. Vers 30, la forêt apparaît souvent et devient la formation climatique (au sens de Clemens) à partir de 40.

Ces constatations font supposer qu'il y aurait intérêt à calculer les valeurs mensuelles de l'indice d'aridité au moyen des précipitations mensuelles (p) et des températures moyennes mensuelles (t). La formule deviendrait $12p:(t+10)$.

Nous avons là le moyen de définir exactement un mois sec au sens climatologique. Quelques exemples montreront l'intérêt des courbes obtenues (le premier mois est janvier) :

Paris	36	24	27	23	36	37	21	20	23	33	36	37
Bucarest	56	36	33	27	27	32	26	18	15	15	38	48
Lisbonne	56	48	51	30	25	5	1	3	1	35	48	59
Athènes	33	23	18	9	8	6	2	2	7	18	36	36
Mombasa	8	7	18	54	108	48	30	20	21	27	48	15
Kayes	0	0	0	0	3	26	63	67	44	14	21	13
Madras	7	2	2	5	14	14	29	36	38	93	106	45
Changhaï	55	60	55	51	41	65	40	50	51	36	35	48

On reconnaît la sécheresse du climat danubien (Bucarest), l'aridité vraiment désertique du climat méditerranéen s'étendant sur 6 mois en Grèce, sur 3 seulement au Portugal. Dans les pays tropicaux et de mousson (Kayes, Madras) l'extension réelle de la sécheresse apparaît bien plus grande que d'après les courbes de pluies; on voit clairement le régime particulier de Madras; on se rend compte de l'absence de sécheresse qui caractérise le sud-est de la Chine (Changhaï); la double pulsation vers la sécheresse du climat subéquatorial se montre avec évidence à Mombasa.

Il semble que l'indice d'aridité mérite d'être considéré comme une notion climatologique que des cartes et des courbes devraient figurer dans tous les atlas généraux. Il peut être calculé facilement pour tout l'ensemble du

globe, n'exigeant que la connaissance des précipitations et des températures, avantage évident sur des fonctions plus complexes comme celles qui ont été proposées par Fransear et Szymkiewicz pour étudier l'humidité atmosphérique dans ses rapports avec la végétation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur de nouvelles sources radioactives dans le Puy-de-Dôme*. Note de M. **Ch. Jacquet**, présentée par M. Daniel Berthelot.

En comparant la source Ad. Lepape de Luchon jusque-là la plus radioactive des sources françaises, avec 41,5 millimicrocuries par litre d'eau, aux sources étrangères plus radioactives, M. Lepape disait : « Nous faisons abstraction des sources froides extraordinairement radioactives situées au voisinage des mines d'urane telles que celles de Joachimstal (Bohême), Brombach (près Johanngeorgenstadt, Saxe) et Urgeiriça (Portugal) » ([1]).

Ce dernier cas est celui de la source minérale de Châteldon-Montagne dont la température est de 10°,0 et le débit régulier de 140^{l} par heure. Nous avons étudié, en 1925 et 1926, l'émanation du radium de cette source. Les échantillons ont été prélevés au griffon dans des bouteilles d'un litre obturées par un bouchon à ressort. Au laboratoire, l'eau était aspirée dans un ballon où au préalable on avait fait le vide. Par ébullition, on extrayait la totalité des gaz dissous dans le condensateur (vol. $= 2^{l}$) de l'appareil Danne.

Le Tableau suivant donne la quantité d'émanation trouvée par litre d'eau :

Date du prélèvement.	Condensateur de mesure n°.	Émanation du radium (en millimicrocuries par litre d'eau).
4 avril 1925	1	105,7
»	2	105,6
7 mai 1925	1	105,2
»	2	105,0
23 novembre 1925	1	106,2
»	2	106,2
12 mai 1926	1	105,3
»	6	105,2
»	8	105,0
18 mai 1926	1	106,1
»	3	106,0
»	4	106,3
»	5	106,3
»	7	106,0
»	8	106,1
Conductivité électrique : $1,61 \times 10^{-3}$.	Moyenne générale....	105,75

([1]) Ad. Lepape, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 733.

Le résultat précédent nous a incité à rechercher d'autres sources dans le voisinage. A 400^m dans la direction N une source non captée nous a donné les résultats suivants :

Date du prélèvement.	Condensateur de mesure n°.	Émanation du radium (en millimicrocuries par litre d'eau).
22 mai 1926	1	29,2
»	6	29,0

Conductivité électrique : $5,15 \times 10^{-4}$.

Des eaux superficielles se mélangent à l'eau de cette source.

Si l'on en tient compte, les conductivités montrent que les teneurs en émanation sont du même ordre de grandeur pour ces deux sources. Celles-ci sont sur la rive gauche du Vauziron. Il n'en est plus de même pour celles de l'établissement thermal Desbret que l'on trouve sur la rive droite en descendant le ruisseau et dont le bassin d'alimentation semble être différent.

Date du prélèvement.	Source n°.	Conductivité.	Condensateur n°.	Teneur en millimicrocuries par litre.
7 mai 1926	1	$2,36 \times 10^{-3}$	2	8,0
»	2	$2,36 \times 10^{-3}$	4	9,0
»	3	$2,29 \times 10^{-3}$	1	10,2

Une source émergeant à 50^m d'une fouille pratiquée dans un filon quartzeux renfermant des paillettes de chalcosine (phosphate d'urane légèrement cuivreux) à 200^m de la route Châteldon-Lachaux près de l'embranchement de la route de Ris a donné les résultats suivants :

Date du prélèvement.	Condensateur n°.	Teneur en millimicrocuries par litre.
22 mai 1926	4	19,4
»	5	19,5

Conductivité électrique : $7,41 \times 10^{-5}$.

La teneur en émanation de cette source peu saline, donc superficielle, est relativement élevée.

Châteldon est situé sur le trajet de la grande faille de la Limagne qui fait buter la base du miocène inférieur contre les granites du Forez. Tout ce massif présente le granite sillonné de nombreux filons de microgranulite, de granulite et de quartz. Dans les deux sources les plus radioactives, les

eaux minérales s'échappent au contact des filons de granulite qui se trouvent dans le prolongement d'un filon de quartz figuré sur la carte géologique et d'une longueur de trois kilomètres. Il est naturel d'admettre que ce filon de quartz est la cause principale de l'alimentation des sources, les eaux étant dirigées ensuite à leur point d'émergence par les nombreuses diaclases des filons de granulite qui leur font suite. Des filons quartzeux de direction NNW-SSE ont été trouvés riches en chalcosine dont les cristaux sont logés dans les fentes du quartz, lequel était solidifié avant l'arrivée des eaux ou des vapeurs uranifères. On doit admettre que le filon quartzeux de la carte géologique renferme également des sels d'urane communiquant à l'eau des sources leur forte radioactivité.

Les recherches actuelles montrent le parallélisme certain des filons de quartz radifère dans deux massifs cristallins encadrant la Limagne, ce qui laisse supposer que l'élément radifère est plus répandu qu'on ne pensait *a priori*. L'étude systématique des sources que nous poursuivons depuis deux ans montrera les rapports existant entre la radioactivité des sources et la nature des terrains de leur bassin d'alimentation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le nord-est de la France.* Note de M. L. Eblé, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons pu, au cours de l'été 1925, effectuer 41 séries de mesures magnétiques dans les départements de l'Aisne, des Ardennes et de la Marne qui se trouvent ainsi rattachés au levé magnétique général de la France. Le réseau de Moureaux comprenait 21 de ces points; les noms des stations nouvelles sont en *italiques* dans le tableau suivant qui comprend les valeurs des éléments magnétiques réduites au 1er janvier 1922.

Stations.	Départements.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
Braine	Aisne	11°.38′,7	64°.57′,0	0,19453	calme
Château-Thierry	»	11.39,1	64.41,8	0,19691	calme
Chauny	»	11.52,8	65. 6,7	0,19654	calme
Craonne	»	11.35,4	65. 1,2	0,19504	peu agitée
Fère-en-Tardenois	»	11.34,4	64.49,4	0,19565	agitée, presque calme
Guise	»	11.42,6	65.17,7	0,19270	presque calme
Hirson	»	11.14,8	65.15,0	0,19348	calme
Laon	»	11.45,0	65. 8,3	0,19393	presque calme

Stations.	Départements.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
Nouvion-en-Thiérache (le).	»	11°.33',3	65°.24',7	0,19219	presque calme
Saint-Quentin...........	»	11.49,0	65.16,4	0,19267	presque calme
Soissons................	»	11.42,0	64.59,5	0,19504	calme
Vervins.................	»	11.32,3	65.14,8	0,19313	presque calme
Villers-Cotterets.........	»	11.48,5	64.52,4	0,19542	presque calme
Asfeld.................	Ardennes	11.30,0	65. 2,1	0,19475	presque calme
Buzancy...............	»	11. 7,1	64.42,2	0,19705	presque calme
Carignan..............	»	10.56,9	65. 0,3	0,19518	presque calme
Charleville..............	»	11.18,2	65. 6,3	0,19325	calme
Chaumont-Porcien......	»	11.21,6	65. 6,2	0,19423	presque calme
Fumay.................	»	11.21,8	65.22,6	0,19197	presque calme
Givet...................	»	11.12,7	65.22,1	0,19234	peu agitée
Launois...............	»	11.12,1	65. 1,3	0,19476	agitée
Mézières...............	»	11.13,0	65. 4,7	0,19390	presque calme
Rethel..................	»	11.20,1	64.59,3	0,19486	calme
Rocroi.................	»	11.21,1	65.26,4	0,19241	calme
Rumigny...............	»	11.18,3	65. 8,3	0,19405	peu agitée
Sedan..................	»	11.16,1	65. 9,7	0,19386	calme
Vouziers...............	»	11.14,0	64.51,0	0,19546	calme
Anglure...............	Marne	11.25,7	64.17,3	0,19947	agitée
Bétheniville...........	»	11.24,3	64.53,1	0,19575	peu agitée
Blesmes................	»	11. 3,7	64.19,0	0,19879	presque calme
Châlons-sur-Marne.......	»	11.19,4	64.32,8	0,19777	presque calme
Dormans..............	»	11.32,2	64.42,6	0,19671	presque calme
Épernay................	»	11.29,4	64.46,7	0,19631	calme
Fère-Champenoise (la)...	»	11.26,5	64.25,1	0,19880	calme
Fismes................	»	11.46,3	64.52,9	0,19522	peu agitée
Montmirail............	»	11.28,8	64.34,7	0,19753	presque calme
Reims..................	»	11.28,4	64.57,8	0,19529	peu agitée
Sainte-Menehould........	»	11. 9,9	64.37,9	0,19689	calme
Suippes...............	»	11.16,3	64.40,3	0,19679	calme
Vertus................	»	11.32,3	65.14,8	0,19313	calme
Vitry-le-François........	»	11.14,0	64.51,0	0,19546	calme

Les variations séculaires moyennes sont, pour chaque département :

Aisne......... $\Delta D = -3°.0'$, $\Delta I = -0°.29'$, $\Delta H = +0,0012$
Ardennes..... $\Delta D = -2.59$, $\Delta I = -0.25$, $\Delta H = +0,0007$
Marne........ $\Delta D = -3.1$, $\Delta I = -0,24$, $\Delta H = +0,0008$

Elles ne manifestent pas de discontinuités avec celles que nous avons obtenues précédemment dans les départements voisins.

Il a été souvent difficile de trouver de bons emplacements dans ces régions dévastées, et il est possible que nous n'ayons pas pu éviter quelques causes d'erreur : c'est ce qui s'est certainement produit à Chauny, où nous avons trouvé pour H une valeur trop élevée d'environ 0,00250.

BOTANIQUE. — *Sur les Cinchonées de l'Afrique tropicale.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. H. Lecomte.

On connaît actuellement en Afrique tropicale une vingtaine d'espèces de Rubiacées appartenant à la tribu des Cinchonées et se groupant en cinq genres. Certaines de ces plantes ont des écorces à saveur amère et astringente et sont usitées comme fébrifuges par les indigènes; d'autres renferment des alcaloïdes à propriétés spéciales.

Ces plantes vivent en trois zones climatiques différentes suivant les genres, qui sont ainsi localisés géographiquement.

Dans les domaines soudanais et guinéen, c'est-à-dire dans la zone des savanes arides et des forêts clairières, existe le genre *Crossopteryx* renfermant plusieurs espèces d'arbustes à écorce fébrifuge.

Le genre *Hymenodictyon* Wall. est spécial au domaine des montagnes tropicales. Une espèce, *H. Kurria* Hochst. à écorce fébrifuge, connue en Abyssinie, a été trouvée par nous de 600 à 1500^{m} d'altitude au Fouta-Djalon et dans la haute Côte d'Ivoire. Son écorce est employée par les Peuls.

Les trois genres qui suivent sont spéciaux à la grande forêt dense équatoriale. Notre classification diffère de celle de W. Brandt (*Archiv der Pharmazie*, 260, 1922, p. 49-94), surtout par l'adjonction du genre *Pseudocinchona*.

Corynanthe Welw. — Calice à 5 lobes lancéolés-subulés persistants. Corolle infundibuliforme, à tube droit, cylindrique, à limbe rotacé, 5-lobé, à lobes ovales subaigus, portant sur le dos, près de l'extrémité, 5 appendices (un par lobe) filiformes et élargis au sommet, dressés et divergents au-dessous du bouton. Étamines 5 exertes au moment de l'anthèse, à anthères oblongues obtuses. Style exsert à stigmate oblong, entier. Capsule loculicide.

Une seule espèce connue *C. paniculata* Welw. de l'Angola et du Mayombe belge, trouvée aussi dans le Kouilou français par M. H. Lecomte. L'écorce est amère, mais elle n'a pas été étudiée chimiquement.

C'est à tort que l'*Index Kewensis* (Supplément V) rattache à cette

espèce le *Pseudocinchona africana* de la Côte d'Ivoire. Tous les *Corynanthe* de Brandt, à l'exception de *C. paniculata*, sont des *Pseudocinchona*.

Pausinystalia Pierre ex Beille (1906). — Calice à 5 lobes lancéolés-subulés, persistants. Corolle urcéolée ou campanulée, à tube court ou nul, à limbe 5-lobé, à lobes courts, dressés, portant à leur extrémité de longs appendices filiformes subulés, libres et divergents au-dessus du bouton floral. Étamines 5, incluses, à anthères rostrées. Stigmate émarginé. Capsule septicide.

Dix espèces connues, vivant dans la grande forêt dense d'Afrique équatoriale, depuis Sierra-Leone jusqu'au Mayombe et du Gabon jusqu'à la région des Grands Lacs. Aucune n'existe dans la forêt de la Côte d'Ivoire. Une espèce le *P. Yohimbe* (K. Sch.) Pierre, qui contient dans son écorce un alcaloïde, la *yohimbine*, est connue au Cameroun et au Gabon; nous l'avons observée aussi dans des récoltes de M. Baudon provenant de la Sangha (Moyen Congo). Le *P. macroceras* Brandt (non Pierre) répandu au Cameroun et au Gabon est réputé par les indigènes comme ayant des propriétés somnifuges et aphrodisiaques. Le *P. gabonensis* A. Chev., des environs de Libreville, distinct par la forme de ses feuilles, aurait des propriétés analogues.

Pseudocinchona A. Chev. (1909). — Calice à tube surmonté de 4 petites dents arrondies charnues. Corolle infundibuliforme, à tube étroit et cylindrique à la base, urcéolé-subtétragone dans le bouton, avec 4 sillons; lobes 4, petits, deltoïdes, ascendants, terminés par 4 appendices courts, subsphériques, accolés dans le bouton et lui donnant ainsi une forme quadrangulaire. Étamines 4 à filets soudés dans leur longueur avec le tube de la corolle; anthères exsertes, hastées aiguës. Stigmate glanduleux, en massue, oblong, entier, exsert. Capsule loculicide.

L'espèce type est *P. africana* Chev. assez commune dans la forêt de la Côte d'Ivoire depuis la mer jusque dans l'hinterland de Libéria (Haut-Cavally et Haut-Sassandra). Feuilles à pétiole de 10 à 20^{mm} (et non 10 à 20^{cm} comme l'indique Perrot par suite d'un lapsus).

Tout près, s'en distinguant légèrement par les fleurs, se place *Pseudocinchona pachyceras* (K. Sch.) Chev. (= *Corynanthe pachyceras* K. Schum.) du Cameroun, retrouvé par M. Baudon dans la Sangha (Moyen Congo). Une troisième espèce est *P. Mobiusii* Chev. (= *Corynanthe Mobiusii* Brandt) également du Cameroun, remarquable par ses grandes feuilles et ses inflorescences latérales. Découverte par Zenker, elle a été trouvée par Fleury en 1917 au Cameroun, à 69^{km} de Douala.

Nous avons découvert le *P. africana* en 1906; on se sert des écorces contre le paludisme; les Baoulé du Nzi mâchent la même écorce quand ils

sont atteints de rhume. E. Perrot et E. Fourneau auxquels nous avions expédié des écorces de cette plante en ont retiré en 1909 un nouvel alcaloïde cristallisé auquel Fourneau a donné le nom de *Corynanthine*.

Les autres Cinchonées énumérées ci-dessus fournissent aussi des écorces fréquemment employées par les indigènes de nos possessions africaines pour divers usages et elles peuvent offrir de l'intérêt au point de vue économique ou thérapeutique.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution du gynécée chez les Chrysobalanées.* Note de M[lle] **G. Bonne**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La position systématique des Chrysobalanées entre les Rosacées et les Légumineuses a été fortement contestée dans ces derniers temps. Hallier (¹) les a rapprochées des Linacées, et plus récemment Juel (²) des Limnanthacées. Ce dernier se base principalement sur le fait qu'il a trouvé dans l'ovaire de *Parinarium curatellifolium*, deux loges stériles réduites à deux fentes, réunies en Y à la glande septale du carpelle fertile. De plus le mode de syncarpie dans cette espèce est centrifuge, tandis que dans toutes les Rosacées à carpelles multiples, la concrescence débute à la périphérie pour s'achever au centre (Cotoneaster, etc.), les styles restant les derniers à se souder (Quillajées).

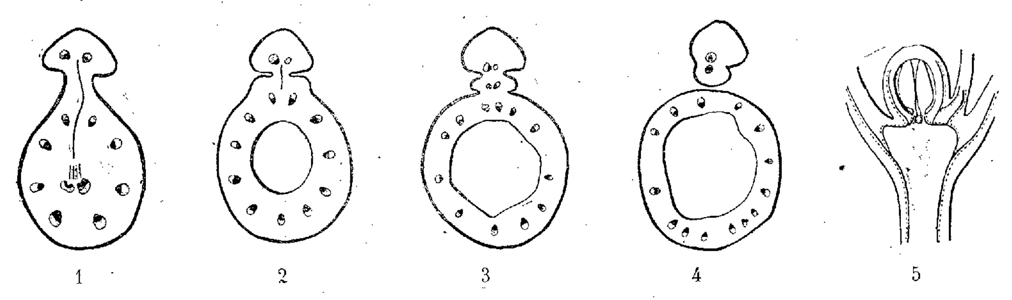
Nos recherches viennent généraliser cette conception de la trimérie de l'ovaire, car nous avons retrouvé deux loges avortées à la base du style dans toutes les Chrysobalanées zygomorphes étudiées par nous (*Parinarium scabrum* Hassk; *Couepia grandiflora* Benth. et *C. ovatifolia* Benth.; *Hirtella hirsuta* Lam.; *Grangeria borbonica* Lam.). Dans *Parinarium scabrum* Hassk var. *lanceolatum* K et V, les fentes résiduelles existent mais ne communiquent ni entre elles ni avec la glande septale du carpelle fertile; cette disposition est intermédiaire entre celle des deux *Parinarium* qu'avait étudiés Juel. Dans *Couepia ovatifolia* B., nous avons même observé que l'un des carpelles supplémentaires était fertile; la loge, de taille réduite il est vrai, possédait deux placentas dont l'un portait un ovule anatrope à raphé très reconnaissable, l'autre un massif allongé peu différencié. Quant à la syncarpie, nous avons constamment observé aussi bien dans les espèces

(¹) Hallier, *in Mededeel. Rijks Herbarium*, Leiden, 19, 1913, p. 53 et 63.

(²) Juel, *Ueber den Bau das Gynäceums bei Parinarium* (*Arkiv för Bot., K. Svenska Vetensk.*, 14, 1915, p. 1 à 12).

précédentes que dans la suivante, qu'elle est centrifuge, et d'autant plus accentuée que les sections sont faites plus haut. Elle atteint son maximum dans la région du style; tandis qu'à leur base, les carpelles n'adhèrent que par leurs bords placentaires.

Le cas de *Chrysobalanus Içaco* L., la seule espèce actinomorphe que nous ayons pu étudier en détail, est différent des précédents. Le style de cette espèce ne présente à première vue sur sa face ventrale aucune saillie basilaire qui puisse révéler l'existence de carpelles supplémentaires. Coupé en travers dans la région la plus basse où il adhère au carpelle (*fig.* 1), sa sec-



Chrysobalanus Icaco L.

tion présente une figure subtriangulaire, nullement bilobée, rattachée au carpelle par un pédicule. La glande septale très développée, partant du fond de la loge fertile, traverse ce pédicule et vient se terminer au milieu de la protubérance entre deux faisceaux libéroligneux assez rapprochés que l'on pourrait prendre pour les faisceaux marginaux de la feuille carpellaire si la fente septale, au lieu de s'arrêter à leur niveau, se prolongeait jusqu'à la périphérie. Les sections transversales et longitudinales (*fig.* 5) nous montrent que ces faisceaux se détachent directement du plateau réceptaculaire, à distance respectable des traces du carpelle. Le vrai style apparaît plus haut sous forme d'un bourrelet intermédiaire (*fig.* 2 et 3); deux petits faisceaux détachés des traces carpellaires y pénètrent. Pour ces raisons, nous pensons que la protubérance de la base du style représente le rudiment d'un deuxième carpelle réduit à sa plus simple expression, c'est-à-dire à ses bords placentaires et à sa glande septale qui se place dans le prolongement de celle du carpelle fertile. Ce qui nous le prouve, c'est la façon dont le style se sépare et sa structure dans sa partie libre : à ce moment (*fig.* 4) le bourrelet intermédiaire se détache de l'ovaire pour ne plus faire corps qu'avec le reste de la colonne stylaire. Celle-ci ainsi libérée est constituée par deux moitiés inégales séparées de

chaque côté par un sillon profond. Chacune de ces moitiés possède un petit faisceau libéroligneux produit par la coalescence des deux faisceaux marginaux de chaque carpelle. Plus haut, les deux sillons longitudinaux tendent à disparaître, la colonne s'arrondit et se termine par un stigmate discoïde dont la partie dorsale surélevée possède seule des papilles, tandis que la partie ventrale qui correspond au carpelle avorté est lisse et déprimée.

En résumé l'ovaire des *Chrysobalanées* ne peut plus être considéré comme simple, ainsi qu'on l'admettait jusqu'ici, mais comme originellement trimère. *Chrysobalanus* avec son gynécée dimère représente un type plus accentué de réduction que les autres *Chrysobalanées* étudiées dans ce travail. Comme ces dernières appartiennent toutes au groupe zygomorphe, que les plus extrêmes (*Parinarium* et *Couepia*) représentent les types de gynécée les moins réduits, peut-être devrait-on, à l'inverse de ce qui a été fait jusqu'ici, considérer dans cette famille la zygomorphie comme l'état primordial et rechercher de ce côté les affinités ancestrales. Les *Tropeolacées* ou plutôt quelque groupe disparu, à étamines subpérigynes qui aurait servi de souche commune à celles-ci ainsi qu'aux *Limnanthacées* n'auraient-elles pas pu engendrer les formes primitives des *Chrysobalanées* ? Cette hypothèse n'exclurait d'abord pas la possibilité d'une parenté plus récente avec les Rosacées, peut-être par les *Quillajées* (*Euphronia*?)

PHYSIOLOGIE. — *Métabolisme énergétique au cours du scorbut expérimental. Étude du quotient métabolique.* Note (1) de M. X. **Chahovitch**, présentée par M. Henneguy.

Le métabolisme énergétique du scorbut expérimental, exprimé par l'étude du quotient métabolique, pourrait nous renseigner sur certains points de la physiologie pathologique de cette avitaminose. Les perturbations fonctionnelles qui surviennent dans le scorbut expérimental sont la conséquence de troubles organiques profonds, qui retentissent sur la valeur du métabolisme énergétique, sur ses deux caractéristiques : le métabolisme de base et le métabolisme de sommet.

Des Cobayes, dont le métabolisme énergétique fut préalablement déterminé à l'état normal, étaient mis au régime à base de farine de haricots

(1) Séance du 25 mai 1926.

(Mme Randoin), qui par la suite m'a donné d'excellents résultats. Le métabolisme de base fut déterminé à la température de la neutralité thermique à différents moments de l'évolution de la maladie. Le métabolisme de sommet, déterminé à la température de l'eau glacée (1°-2°), fut étudié aux mêmes moments que le métabolisme de base. De leurs valeurs on déduit la valeur du quotient métabolique $\frac{\text{métabolisme de sommet}}{\text{métabolisme de base}}$ (J. Giaja), qui exprime le pouvoir d'accommodation de la thermogenèse.

Comme on peut le voir sur le tableau suivant, le métabolisme de base augmente de valeur au cours de l'évolution du scorbut. Cette augmentation peut atteindre la valeur de 100 pour 100. On voit que cette augmentation commence déjà quelques jours après le commencement de l'application du régime, atteignant la valeur la plus élevée les derniers jours de vie, malgré une diminution très marquée du poids des animaux. Il est à remarquer que la valeur du métabolisme de base des animaux normaux est très basse par rapport à d'autres espèces animales.

	Cobaye I.			*Cobaye II.*		
	Métabolisme		Quotient	Métabolisme		Quotient
	de sommet.	de base.	métabol.	de sommet.	de base.	métabol.
État normal........	11,90 [1]	3,23	3,68	10,58	2,94	3,60
6ème jour de régime.	13,27	3,62	3,66	11,76	4,06	2,90
11 » » .	12,05	4,41	2,70	11,41	5,09	2,20
16 » » .	12,98	4,60	2,80	11,27	4,26	2,60
22 » » .	10,58	5,43	1,94	10,00	5,34	1,87
24 » » .	"	5,04	"	"	4,21	"
26 » » .	12,78	5,48	2,33	10,87	4,90	2,22
27 » » .	"	5,88	"	"	5,73	"
29 » » .	"	6,32	"	"	5,92	"
30 » » .	10,92	6,37	1,70	6,12	4,80	1,27
31 » » .		mort		mort quelques heures après		

L'intensité du métabolisme de sommet varie peu. Au début il y a une tendance vers l'augmentation, comme on le constate au cours de l'inanition totale chez le Rat (J. Giaja et B. Males). Cette augmentation est très faible. Vers la fin de l'expérience il y a une légère diminution. Le quotient métabolique diminue de valeur. Cette diminution est assez prononcée et atteint le chiffre de 50 pour 100. Cette diminution du pouvoir d'accommo-

---

(1) Cal. par kilogramme-heure.

dation de la thermogenèse est la conséquence de l'augmentation du métabolisme de base.

Comment expliquer cette augmentation du métabolisme de base? J. Giaja et moi avons montré que l'adrénaline injectée à des Rats détermine une diminution du quotient métabolique par augmentation très notable du métabolisme de base. Nous avons constaté aussi que les Rats décapsulés n'ont plus de pouvoir d'accommodation de la thermogenèse. Or il est connu que chez les Cobayes scorbutiques il existe une hypertrophie des capsules surrénales, constatée par tous les auteurs, de même qu'il y a augmentation du poids du corps thyroïde (Lopez Lomba et Randoin). Ces faits permettent de poser en hypothèse que l'augmentation du métabolisme basal dans le scorbut expérimental est due à l'hyperfonctionnement des capsules surrénales et du corps thyroïde.

En résumé : au cours du scorbut expérimental il y a une augmentation très grande de la valeur du métabolisme de base, tandis que la valeur du métabolisme de sommet varie peu. Il en résulte une diminution du pouvoir d'accommodation de la thermogenèse, exprimée par la valeur du quotient métabolique, qui passe de 3,6, valeur normale, à 1,7 environ.

PHYSIOLOGIE. — *Inégalité de la teneur en vitamines hydro-solubles* (B) *d'extraits de levure d'origine différente.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. Pierre Viala.

On peut affirmer que l'unanimité des auteurs considère les levures et les extraits de levure comme des substances *exceptionnellement riches en vitamines* B. Nous mettons volontairement *vitamines* au pluriel afin de bien montrer qu'il s'agit à la fois du facteur d'entretien et du facteur antinévritique, désignés en général sous le nom unique de facteur B.

Nos recherches antérieures [1] nous ont conduits à faire l'analyse biologique d'extraits de levure (des *Saccharomyces*) d'origine différente : tout d'abord, celle d'un extrait de levure de bière (B) et celle d'un extrait de levure de distillerie (D), avec le Pigeon adulte comme réactif.

---

(1) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 903; **178**, 1924, p. 963; **179**, 1924, p. 700 et 1219; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **6**, 1924, p. 601; **7**, 1925, p. 736. — R. Lecoq, *Facteur oxydant et nutrition des tuberculeux* (*Bull. Soc. Thérap.*, **31**, 1926, p. 84).

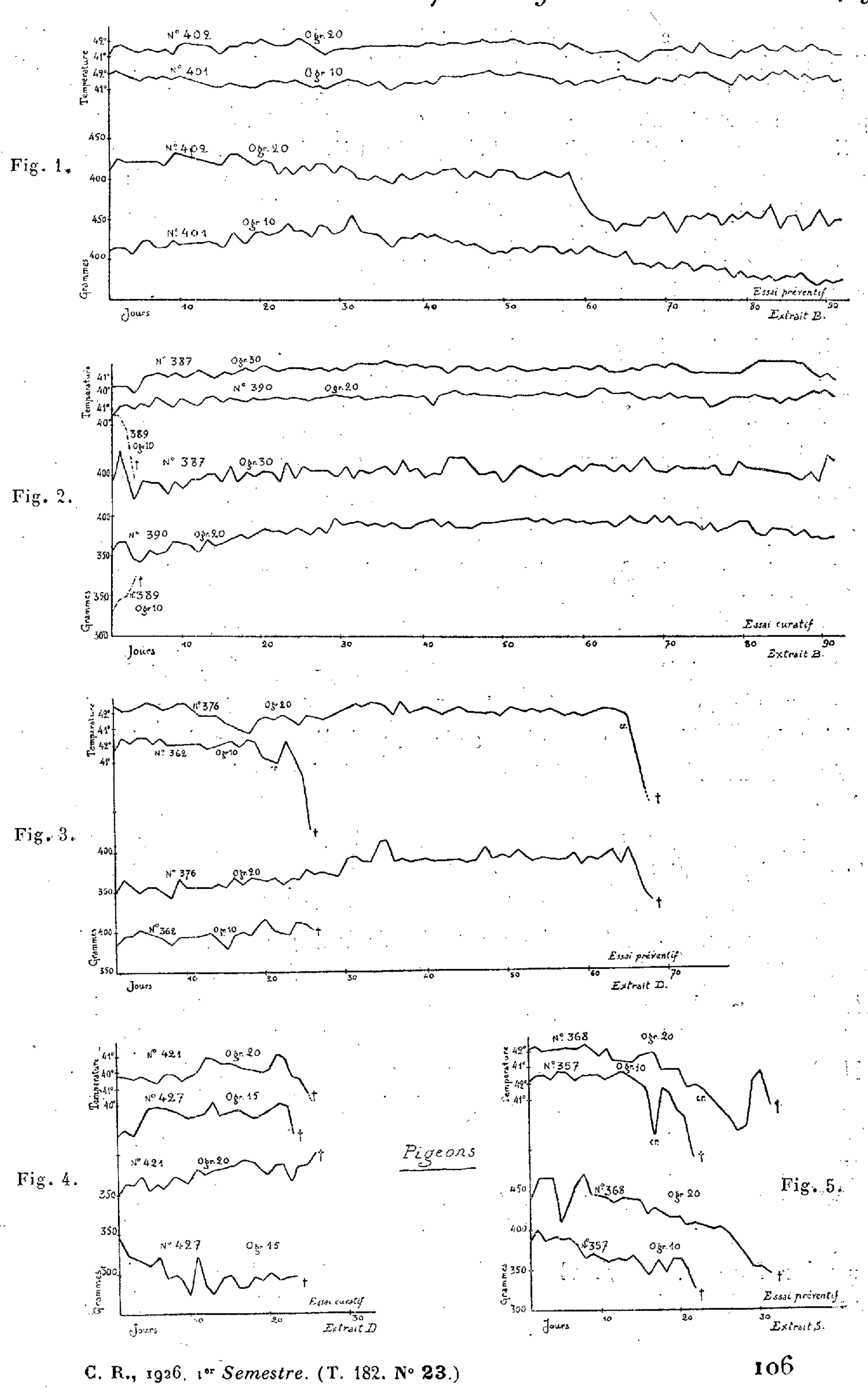


Fig. 1.
Température
Grammes
N° 402
0 gr. 20
N° 401
0 gr. 10
Jours
Essai préventif
Extrait B.
Fig. 2.
N° 387
0 gr. 30
N° 390
0 gr. 20
389
0 gr. 10
Essai curatif
Extrait B.
Fig. 3.
N° 376
0 gr. 20
N° 362
0 gr. 10
Essai préventif
Extrait D.
Fig. 4.
N° 421
0 gr. 20
N° 427
0 gr. 15
Essai curatif
Extrait D
Pigeons
Fig. 5.
N° 368
0 gr. 20
N° 357
0 gr. 10
Essai préventif
Extrait S.

Technique. — Les *extraits* B *et* D ont été préparés, à partir de levures fraîches, d'une manière identique : épuisements successifs à froid par l'alcool à 70°, concentration sous pression réduite à une température maxima de 50°. Des *extraits témoins* (S) furent privés de leurs vitamines par stérilisation, en milieu alcalin, à l'autoclave à 130°.

Nous avons employé le régime de L. Randoin et H. Simonnet, régime artificiel, uniquement privé des vitamines B, ayant la composition centésimale suivante : *caséine*, 8,5 ; *muscle*, 7,5 ; *graisse de beurre*, 4 ; *dextrine blonde*, 66 ; *papier filtre*, 2 ; *agar-agar*, 8 ; *mélange de sels*, 4.

Chaque jour, les Pigeons ont reçu, par gavage, avec leur extrait, 20g de ration, et leur température ainsi que leur poids ont été déterminés.

Nous avons fait nos recherches, comparativement, avec 5 lots d'animaux.

I. Essai préventif avec extrait B (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 1).
II. *Essai curatif avec extrait* B (0g,10, 0g,20 et 0g,30) (*fig.* 2).
III. Essai préventif avec extrait D (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 3).
IV. *Essai curatif avec extrait* D (0g,15 et 0g,20) (*fig.* 4).
V. Essais témoins avec extraits S (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 5).

Résultats. — Les graphiques mettent en évidence nos principaux résultats.

Avec les *extraits* S, on obtient les courbes et les symptômes classiques caractéristiques de la polynévrite, ce qui prouve que ces extraits ne renferment aucune des vitamines B.

Avec l'*extrait* B, une dose préventive de 0g,10 conserve l'animal en état normal et une dose curative de 0g,20, donnée après la première crise (*début du graphique*), assure la guérison, puis l'entretien du sujet.

Avec l'*extrait* D, donné à titre préventif, l'animal conserve son poids d'autant plus longtemps que la dose fournie est plus forte, mais la mort survient brusquement par crise de polynévrite. Donné à titre curatif (*début du graphique*) et à la dose de 0g,20, il permet une certaine reprise de poids, mais, comme précédemment, l'issue fatale se produit brusquement.

Conclusions. — I. *Les divers extraits de levure n'ont nullement la même valeur biologique en tant que sources de vitamines hydro-solubles* B. — II. Certains d'entre eux (extrait B) assurent l'entretien du Pigeon en même temps qu'ils préviennent et guérissent les crises de polynévrite. — III. D'autres (extrait D) se comportent comme s'ils étaient capables de permettre l'entretien du Pigeon, mais incapables d'empêcher l'éclosion des crises. Incontestablement, ils sont très inférieurs aux précédents. — IV. L'extrait de levure de bière contiendrait à la fois deux facteurs : l'un assurant l'entretien de l'organisme ; l'autre, essentiellement curatif de la polynévrite. L'extrait de levure de distillerie renfermerait seulement le premier facteur. — V. Ces recherches montrent le rôle primordial de la méthode biologique dans l'analyse des produits à base de levure.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'oxydation de l'acide pyruvique par les ions cériques*. Note (¹) de M. **Claude Fromageot**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré (²) avec Victor Henri que l'acide pyruvique, en solution aqueuse était susceptible d'exister sous les deux formes tautomères éno et céto. J'ai, en outre, montré récemment (³) que l'acide pyruvique était oxydé par les ions cériques en solution acide. Étant donné que chez les organismes vivants, on a les conditions optima (solutions très diluées et à un pH voisin de 7) pour avoir les deux formes tautomères, j'ai été amené à envisager les questions suivantes : 1° Y a-t-il une différence dans les vitesses d'oxydation de chacune des deux formes? 2° La quantité d'oxygène utilisé et les produits d'oxydation sont-ils les mêmes?

L'étude spectrographique m'avait montré que dans certaines conditions définies, on peut avoir une solution aqueuse d'acide pyruvique ne contenant qu'une fraction négligeable de forme énolique; c'est ce qui est réalisé dans une solution 0,1 M. de pH 1,7 (acide seul); et, d'autre part, une solution renfermant une proportion importante de forme éno, c'est ce qui est réalisé dans une solution 0,1 M. de pH 11,8 (additionnée de NaOH).

J'ai comparé l'oxydation, par les ions cériques, d'acide pyruvique sous la forme cétonique pratiquement pure, et d'acide pyruvique sous la forme cétonique en présence de forme énolique. Le système oxydo-réducteur formé par les ions cériques a été décrit précédemment (³). Il y a 2.10^{-4} ion cérique en présence de 5.10^{-5} molécule d'acide pyruvique. L'expérience consiste à déterminer la vitesse d'oxydation en suivant la baisse du potentiel d'oxydation du système en fonction du temps, dès l'introduction de l'acide pyruvique. La température est de 20°.

Les courbes ci-après représentent le potentiel d'oxydation du système cérique/céreux en fonction du temps; la flèche indique le moment de l'introduction de l'acide pyruvique, la pente correspond à la vitesse d'oxydation, et la hauteur de chute est fonction de la proportion d'oxygène utilisé par l'acide pyruvique pour s'oxyder.

(¹) Séance du 31 mai 1926.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 845.

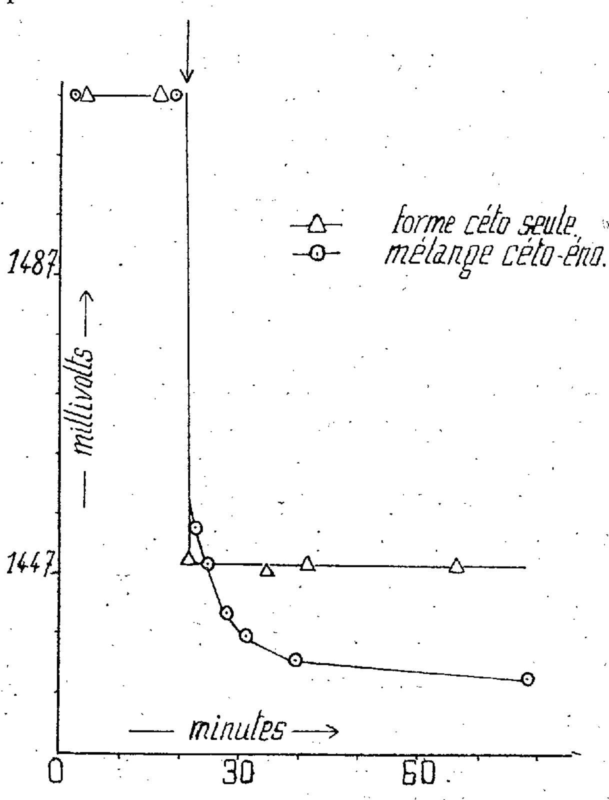
(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1240.

L'examen des courbes montre que dans les conditions expérimentales où je me suis placé :

1° La solution renfermant la forme énolique se comporte différemment de celle ne renfermant que la forme cétonique;

2° La forme énolique prend plus d'oxygène que la forme cétonique;

3° L'oxydation de la forme énolique est moins rapide que celle de la forme cétonique.



L'existence d'une différence de vitesse dans l'oxydation des deux formes permet le calcul de la proportion de chacune des deux formes dans la solution 0,01 M. En effet l'oxydation de la forme cétonique étant très brusque et celle de la forme énolique plus lente, la courbe représentant l'oxydation du mélange céto-éno présente un angle qui se produit pour un potentiel d'autant moins bas que la proportion de forme énolique est plus élevée. Par un procédé qui sera publié plus tard, on peut transformer les valeurs mesurées en millivolts en nombres d'atomes d'oxygène utilisés. Il en résulte que, comme on connaît d'une part la chute de potentiel dans le cas

où l'on n'a affaire qu'à la forme céto pure, et que, d'autre part, on connaît la quantité d'acide pyruvique en jeu, on peut calculer, d'après la situation de l'angle sur la courbe, la proportion de forme éno présente dans la solution. On trouve ainsi qu'il y a 20 pour 100 de forme éno dans la solution 0,1 M. d'acide pyruvique, additionnée de NaOH et de pH 11,8.

En ce qui concerne la forme céto dont l'oxydation est assez brusque pour que l'on ne soit pas gêné par l'établissement d'un équilibre céto-éno, j'ai pu constater, par dosage du CO^2 produit, que l'oxydation de cette forme se fait suivant la réaction

$$CH^3COCOOH + O \rightarrow CH^3COOH + CO^2.$$

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de la solution de chlorhydrate basique de quinine et d'uréthane sur le sang.* Note de M. **Raymond Petit**, présentée par M. H. Vincent.

Lorsqu'on mélange une solution de chlorhydrate basique de quinine et d'uréthane avec du sang total, du sang rendu incoagulable (par le citrate de soude à $\frac{3}{1000}$, par l'oxalate de chaux à $\frac{1}{1000}$, ou par l'hirudine), du sang défibriné, des globules rouges lavés, des globules lavés et hémolysés, lavés et chauffés à 56°, lavés, hémolysés et chauffés à 56°, ou avec du sérum de ces divers sangs, on observe les phénomènes suivants :

J'ai employé la formule de l'armée dont le pH est 8,1 ; le pH du sang étant 7,4.

I. Lorsqu'on ajoute la solution dans un tube à essai soit à du sang total, soit à du sang rendu incoagulable, soit à du sang défibriné, soit à des globules lavés à la machine centrifuge et additionnés de sérum physiologique, en quantité suffisante pour retrouver à peu près le degré de fluidité du sang, on obtient constamment le résultat suivant, aussi bien avec le sang humain qu'avec le sang de cheval ou celui de mouton :

a. Le sang prend une coloration brun marron, puis grise;

b. Le sang s'épaissit rapidement et *se prend en masse, en une pâte épaisse*, assez solide pour que le tube puisse être retourné sens dessus-dessous sans que rien ne s'écoule. Aucun liquide ne surnage. Cette modification se produit dans le même temps que la coagulation d'un tube de sang pur, témoin, souvent même beaucoup plus rapidement.

II. La solution de quinine et d'uréthane mélangée au sang défibriné hémolysé, défibriné et chauffé 30 minutes à 56°, ou défibriné, hémolysé

et chauffé 30 minutes à 56°, produit le même effet que ci-dessus (coloration marron, solidification), mais d'une façon plus lente, surtout dans le dernier cas. Il en est de même avec les globules rouges lavés.

III. *Détermination de la quantité minima de solution capable de solidifier le sang.* — En procédant par séries, nous avons vu que 1^{cm^3} de sang défibriné ou non était solidifié par $\frac{2}{10}$ de centimètre cube de solution. Avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, il n'y a plus de solidification.

IV. *Rôle de la quinine. Rôle de l'uréthane.* — La solution de chlorhydrate basique de quinine seule, ajoutée au sang total, au sang incoagulable, au sang défibriné, aux globules rouges lavés, hémolysés, chauffés, ou hémolysés et chauffés, hémolyse sans solidification, ni coloration brune.

La solution d'uréthane seule est inactive.

Si l'on ajoute l'uréthane au sang qui a reçu la quinine, ou la quinine au sang qui a reçu l'uréthane, on observe seulement une hémolyse lente et un peu d'épaississement après 24 heures. Il n'y a ni coloration brune, ni solidification. L'action est donc due au mélange de deux substances dans le sérum artificiel, mélange qui doit donner un chlorhydrate double. D'ailleurs, en répétant l'expérience avec une solution de chlorhydrate double de quinine basique et d'urée ($0^{cg},60$ pour 3^{cm^3} d'eau physiologique), on obtient les mêmes résultats qu'avec la solution de quinine et uréthane.

V. *Nature de la solidification du sang par la solution de quinine et d'uréthane.* — Il ne s'agit pas d'une coagulation fibrineuse, car il n'y a ni caillot rétractile, ni expulsion de sérum; d'ailleurs le phénomène se produit avec du sang incoagulable, avec du sang défibriné, même avec des globules lavés. Ce n'est pas non plus une précipitation puisque tout est pris en masse. Il s'agirait plutôt d'une *gélification* du sang. Le gel peut être redissous dans l'eau physiologique ou dans l'eau distillée. Si l'on filtre la solution ainsi obtenue, le poids du résidu sur le filtre n'atteint pas $0^{cg},40$ pour 10^{g} de sang.

En partant du sang total, traité par la solution de quinine et uréthane et redissous, on a, après filtration, une liqueur limpide, carmin foncé, coagulable par la chaleur. Saturée de chlorure de sodium, cette liqueur donne un précipité de fibrinogène qui manque naturellement si l'on part du sang défibriné. En filtrant de nouveau, on a une liqueur limpide de même coloration. Sa saturation, par le sulfate de magnésie, précipite les globulines.

Après une nouvelle filtration, on obtient une liqueur de couleur semblable; acidifiée franchement par l'acide acétique, elle donne un précipité d'albumine qui emprisonne l'élément colorant. La filtration laisse alors un

liquide clair que ne troublent ni l'ébullition ni les acides. Ces précipités de globulines et d'albumine sont obtenus, même avec des globules rouges lavés.

VI. *Examen microscopique de l'action de la solution de quinine et urethane sur les globules rouges lavés ou non.* — Des préparations de globules rouges entre lames et lamelles sont placées sous le microscope. On fait pénétrer une trace de solution de quinine et uréthane, par capillarité. Les globules sont d'abord refoulés, puis à mesure qu'ils descendent dans la solution, on voit apparaître de fines granulations réfringentes, et les globules rouges sont homolysés en 50 secondes. En procédant de même avec le chlorhydrate basique de quinine, sans uréthane, l'hémolyse est plus lente (5 minutes), et l'on ne voit pas de granulations réfringentes.

Par addition d'uréthane seule, on ne constate qu'une hémolyse lente.

En répétant l'expérience à l'ultra-microscope, on voit apparaître de très nombreuses granulations réfringentes animées de mouvements browniens. Les globules rouges deviennent muriformes, leur contour est marqué par un collier de granulations. D'autres granulations semblent siéger dans le globule même. On trouve des débris de globules rouges éclatés, et il semble y avoir une hypertrophie des noyaux de globules blancs. Peu à peu les granulations libres tendent à s'agglutiner.

VII. *Action de la solution de quinine et uréthane sur le plasma ou le sérum.* — Le plasma du sang incoagulable, ou le sérum du sang défibriné, défibriné et chauffé, défibriné et hémolysé, ou défibriné, hémolysé et chauffé, additionné de la solution de quinine et uréthane, donne un abondant précipité blanchâtre, pâteux, qui dépose et est surmonté de liquide clair.

VIII. *Examen spectroscopique.* — Le sang, solidifié par la solution de quinine et uréthane, examiné au spectroscope, montre entre D et E les deux bandes d'absorption de l'hémoglobine. Si l'on dissout le sang solidifié dans l'eau distillée ou le sérum physiologique et qu'on filtre, le liquide carmin que l'on obtient donne le même spectre de l'hémoglobine. Si l'on ajoute à cette liqueur une nouvelle dose de quinine et uréthane, une coloration lie-de-vin tirant au brun apparaît, mais le spectre ne change pas. Le liquide ainsi traité s'épaissit, sans se solidifier complètement. Un peu de liquide clair surnage. La présence du stroma globulaire joue donc un rôle dans la solidification, ou *gélification* du sang.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Études des huiles extraites de la tête d'un Dauphin* (Delphinus Delphis *Lin.*). Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

La dissection de la tête d'un Dauphin (*Delphinus Delphis* Lin.) capturé en mars dernier dans la baie des Anges, à Nice, a fourni trois sortes de graisses de compositions très différentes, bien que les points de prélèvements soient très rapprochés :

1° Graisse retirée des glandes se trouvant à la jointure des maxillaires (dénommée : maxillaire);

2° Graisse retirée de la masse adipeuse se trouvant entre la mâchoire supérieure et l'évent (dénommée : nez);

3° Graisse retirée du lard entourant le crâne (dénommée : tête).

Les résultats analytiques déjà publiés ne précisent généralement pas l'origine et le point de prélèvement du corps gras étudié sous la dénomination « Huile de tête de Dauphin »; cette Note a pour but de montrer les erreurs que cette imprécision peut entraîner à commettre.

Propriétés physiques.

	Maxillaire.	Nez.	Tête.
Couleur	jaune très pâle	jaune	jaune
Aspect	limpide	limpide	léger dépôt de stéarine
Densité à 15°	0,9206	0,9308	0,9330
Indice de réfraction à 17°	1,4548	1,4640	1,4790
Déviation à l'oléoréfractomètre à 22°	−77	−60	+18,5
Point de congélation (commencem^t de trouble)	− 5°	−12°	− 8°
Déviation polarimétrique (200^mm)	+ 0,10	+ 0,07	+ 0,33
Solubilité dans l'alcool absolu à froid pour 100	S. T. P.	28,12	3,65
Température critique de dissolution dans l'alcool absolu	S. T. P.	24°,5	59°,5
Température critique de dissolution dans l'alcool à 90°. Indice de Crismer	88°,5	106°,5	135°,0

Propriétés chimiques.

Acidité exprimée en acide oléique pour 100	0,05	0,08	0,07
Indice de saponification	267	259	212
» d'iode (Vijs)	17	56	133

	Maxillaire.	Nez.	Tête.
Indice de Hehner	66,4	70,8	86,1
» d'acétyle	0	0	0
Acides solubles totaux exprimés en acide butyrique pour 100	22,61	16,75	6,81
» solubles totaux exprimés en acide phocénique pour 100	26,21	19,42	7,89
» solubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en cm³ de NaOH N/10 pour 5g d'huile	132,1	101,2	35,6
» solubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en indice de Reichert	145,3	111,3	39,1
» solubles entraînables par la vapeur d'eau expr. en acide phocénique pour 100.	29,94	22,64	7,26
» insolubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en cm³ de NaOH N/10 pour 5g d'huile	1,6	5,6	3,1
» insolubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en indice de Reichert.	1,7	6,1	3,4
Insaponifiable pour 100	16,30	6,07	1,77
Point de fusion de l'insaponifiable	25°,5	22°,5	inf. à 15°
Indice d'iode (Vijs) de l'insaponifiable	11	47	62
Indice de Hehner moins insaponifiable	50,1	64,8	84,4
Acides gras concrets pour 100	30,82	19,28	10,08
Acides gras fluides pour 100	18,70	43,17	74,04
Somme acides concrets + acides fluides	49,52	63,45	84,02
Point de fusion des acides concrets	37°	33°,5	*a.* 51°,2 *b.* 47°,2
Indice d'iode (Vijs) des acides concrets	6	20	*a.* 2
» des acides fluides	163	155	71
Indice de réfraction des acides fluides à 18°	1,4511	1,4569	1,4722
Point de congélation (trouble) des acides fluides	15°	15°	inf. à 0°
Point de congélation (état pâteux) des acides fluides.	+ 4°	+ 4°	"

Le simple examen de ces résultats montre les différences considérables qui existent entre ces trois huiles et les erreurs qu'une dénomination incomplète peut faire commettre.

Les quelques essais effectués sur les acides gras et sur l'insaponifiable laissent entrevoir l'intérêt de leur étude, qui a dû être interrompue momentanément par suite des difficultés de se procurer les matériaux nécessaires.

EMBRYOGÉNIE. — *Influence de la dilution du sperme sur la durée de survie des spermatozoïdes de la Grenouille rousse* (Rana fusca) *dans les milieux aqueux ou salés*. Note de M. **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Les auteurs ont dressé une gamme de sels activant ou paralysant l'activité des spermatozoïdes. Le problème posé est différent. Dans un liquide donné : eau ou solution aqueuse salée, la concentration en éléments ♂ a-t-elle une influence sur leur durée de survie et par là même sur leur pouvoir fécondant ?

Les essais ont porté sur l'eau distillée, l'eau ordinaire et sur des solutions de NaCl à doses variables dans l'eau distillée ou l'eau ordinaire.

Technique : Les testicules broyés et le contenu des vésicules séminales de plusieurs Grenouilles sont mélangés à très peu d'eau ordinaire. Une quantité connue de cette liqueur initiale décantée est ajoutée à des volumes déterminés d'eau ordinaire ou distillée ou renfermant du NaCl. Après des temps variables, des œufs d'une même ♀ sont fécondés avec ces différents spermes.

Résultats : Je ne signalerai que quelques-unes des nombreuses expériences concordantes réalisées.

Expérience I. — Le broyage des testicules et le contenu des vésicules séminales de 15 ♂ sont mélangés à 200^{cm^3} d'eau ordinaire ; c'est la liqueur initiale L. I. qui décantée est ajoutée à 400^{cm^3} de chacun des liquides suivants :

Liquides spermatiques.	Pourcentage de stades II pour les fécondations effectuées après 3 h. 05.	7 h. 40.	11 h. 30.
L. I. pure	100	100	100
Eau ordinaire + 50^{cm^3} L. I.	75 à 80	20 à 25	5
» + 5^{cm^3} L. I.	1	0	
Eau ordinaire et NaCl à 1,5/1000, + 50^{cm^3} L. I.	100	75 à 80	20 à 25
» » + 5^{cm^3} L. I.	100	3	
» à 2,5/1000, + 50^{cm^3} L. I.	presque 100	70 à 75	5 à 6
» » + 5^{cm^3} L. I.	même pas 50	0	

Pour les dilutions de sperme dans l'eau distillée pure ou additionnée de NaCl à 1,5 pour 1000 les résultats sont aussi significatifs, avec cette particularité que les spermatozoïdes conservent peu de temps leur vitalité dans l'eau distillée seule.

On sait que l'eau renfermant 3,5 pour 1000 et plus de NaCl inhibe les spermato-

zoïdes qui reprennent leur mobilité par dilution aqueuse. La concentration en sperme et la forte salinité du milieu ont-elles une influence sur la conservation de la vie des éléments ♂ ?

Les expériences ont porté sur du sperme en suspension et sur des fragments de testicules dans les différents liquides.

Expérience II. — Les testicules broyés et les vésicules séminales de 5 ♂ mélangés à 50^{cm^3} d'eau ordinaire, après décantation (liqueur initiale L. I) sont répartis dans les différents liquides.

Liquides spermatiques.	Pourcentage de stades II pour les fécondations effectuées après 10 minutes [1].	7 h. 40 [2].	22 h. 30.
L. I. pure	100	100	15 à 20
Eau ordinaire, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	100	4	0
» $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	100	1	0
Eau distillée et NaCl à 1,5/1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	100	100	95
» à 1,5/1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	100	100	95
» à 7 / 1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	+ de 50	0	"
» à 7 / 1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	25 à 30	0	"
» à 15/1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	20	0	"
» à 15/1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I	6	0	"

Les œufs imprégnés avec le sperme au NaCl 7 et 15 pour 1000 sont en retard. Ils n'ont été fécondés qu'au retour à l'eau.

Expérience III. — Après 15 heures de séjour dans l'eau distillée contenant 7 ou 15 pour 1000 de NaCl, des fragments de testicules broyés ensuite à l'eau ne donnent plus qu'un faible pourcentage de segmentations (7 à 9 pour 1000) alors que des fragments des mêmes organes conservés dans l'eau ordinaire 21 heures et même 24 heures, puis broyés dans l'eau, fécondent à peu près tous les œufs.

Conclusions. — 1° Quel que soit le liquide employé (eau distillée, eau ordinaire seule ou renfermant du NaCl), la durée de survie des spermatozoïdes est d'autant plus longue que le sperme est plus concentré en éléments ♂. Cette longévité s'accentue encore pour des fragments de testicules.

2° Dans les solutions aqueuses renfermant 7 pour 1000 et plus de NaCl, le sperme se conserve moins longtemps que dans l'eau légèrement salée par 1,5 pour 1000 ou 2 pour 1000 de NaCl et même que dans l'eau ordinaire seule.

3° C'est un non-sens de conserver le sperme dans une solution isotonique

(1) Eau du robinet ajoutée aux œufs 2 heures après imprégnation.

(2) Eau du robinet ajoutée aux œufs 40 minutes après imprégnation.

(7 pour 1000 de NaCl) au milieu intérieur de la Grenouille. Quand on parle de la longévité des éléments sexuels ♂, il est indispensable de préciser auparavant l'état du sperme (en suspension ou fragments d'organes génitaux) et les concentrations spermatiques et salines.

4° La polyspermie est fréquente dans les cultures fécondées avec des spermatozoïdes à la limite de vie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'altération des micelles du caséinate dans le complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux, ses conséquences dans l'action de la présure sur ce complexe.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

Quand on chauffe à une température élevée le complexe *caséinate de chaux + phosphate de chaux* de réaction pH < 7 (¹), on sait que sa difficulté ou son impossibilité à coaguler sous l'action de la présure est le fait d'une altération des micelles phosphatiques. Mais comme le complexe résulte de l'association de deux édifices colloïdaux qui jouent chacun leur rôle dans la coagulation, il importe de voir, cette fois, le retentissement de l'altération des micelles du caséinate sur cette dernière.

Il est clair, en effet, que si nous laissons intacts les micelles phosphatiques et que nous ne lésons que les micelles du caséinate, le trouble apporté au complexe dans sa façon de se comporter vis-à-vis de la présure relèvera cette fois uniquement de l'altération subie par le caséinate. Deux moyens s'offrent à nous pour le montrer :

1° *Action de la chaleur sur les caséinates alcalins, puis charge de ceux-ci, à la température ordinaire, en phosphate de chaux.* — Quand un caséinate est nettement alcalin (pH > 9), l'action de la chaleur l'altère d'autant plus que la réaction est plus franchement alcaline, que le chauffage a duré plus longtemps; il se détache de l'acide phosphorique de la molécule protéique.

Des portions égales d'un caséinate (pH = 9,76) sont chauffées 30 minutes à 40°, 65°, 80° et 100°, puis elles sont chargées en phosphate de chaux à la température ordinaire, par addition d'acide phosphorique, et soumises ensuite à l'action de la présure. Voici les résultats obtenus :

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1247.

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	7,13	5m.10s	ferme
Caséinate préalablement chauffé à 40°	7,13	5.10	id.
» 65°	7,13	5.10	id.
» 80°	6,97	7.50	moins ferme
» 100°	6,94	12	mou

Ici, c'est bien l'altération des micelles du caséinate calcique qui retentit sur le temps de prise et la diminution de la consistance du caillé.

2° *Action du formol sur le complexe.* — Quand on ajoute peu de formol au complexe, on ne nuit guère à sa coagulation par la présure; mais il n'en est plus de même si la proportion du formol ajoutée est grande. Des portions égales d'un complexe (pH = 6,78), formolé à raison de trente gouttes par litre, sont chauffés 30 minutes respectivement à 60°, 80°, 100° et à l'autoclave à 125°.

Après chauffage, on refroidit à 40° et l'on emprésure :

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,78	3m.45s	ferme
Chauffé à 60°	6,66	30	très mou
» 80°	6,62	ne coagule pas	
» 100°	6,61	id.	
» 125°	6,59	id.	

Toutefois, comme le chauffage à 100° et *a fortiori* à 125° n'a pas manqué d'altérer également les micelles phosphatiques, il importe de séparer ce qui revient à ces derniers de ce qui dépend des micelles de caséinate. On y arrivera de deux façons différentes : *a.* en rechargeant le *complexe formolé et chauffé* en phosphate de chaux *neuf; b.* en effectuant la charge phosphatique après chauffage d'un *caséinate formolé* voisin de la neutralité.

Voici ce que donne la première manière :

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,78	6m.30s	ferme
Chauffé à 60°	6,78	9.15	mou
» 80°	6,78	ne coagule pas	
» 100°	6,78	»	
» 125°	6,78	»	

Voici ce que donne la seconde, avec un caséinate témoin (pH = 7,50) :

Nombre de gouttes de formol.	pH. Avant le chauffage.	pH. Après le chauffage.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
10	7,27	7,11	2^{m}	ferme
30	6,78	6,70	ne coagule pas	
50	6,69	6,61	id.	
Témoin	7,50	7,50	60^{s}	ferme

Cette dernière expérience témoigne indiscutablement d'une altération des micelles de caséinate, ceux du phosphate n'ayant pas été exposés à être lésés.

On peut admettre que le formol en bloquant certaines fonctions de la caséine, justement aux points où l'action protéolytique nécessaire doit s'exercer, entrave celle-ci et rend impossible la formation du caillé.

Si nous plaçons à côté des résultats relevés dans cette Note, ceux qui ont été signalés dans la précédente (*loc. cit.*), on voit qu'il nous a été possible, en ayant recours à des moyens différents, d'atteindre tantôt les micelles phosphatiques, tantôt les micelles de caséinate. Évidemment ceux-là restent la cause déterminante de la coagulation du complexe par la présure, mais encore faut-il que ceux-ci, qu'ils doivent entraîner lors de leur propre précipitation, puissent être intacts.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un procédé permettant d'arrêter à volonté les fermentations, notamment celles des liquides sucrés et alcooliques et de les rendre infermentescibles.* Note de M. **Boulard**, présentée par M. Lindet.

Pour arrêter les fermentations on dispose de deux moyens : d'une part la stérilisation et d'autre part l'emploi de produits chimiques ou antiseptiques. L'emploi des antiseptiques présente des inconvénients nombreux et même des dangers pour la santé publique, notamment lorsqu'il s'agit de boissons fermentées. Quant à la stérilisation elle n'enlève nullement aux liquides la faculté de fermenter de nouveau lorsqu'ils sont réensemencés. Parallèlement à l'emploi des antiseptiques et à la stérilisation, de nombreux auteurs ont étudié l'immunisation et la *vaccination* des milieux de culture ainsi que la préparation de liquides immunisants, travaux qui ont été résumés dans les *Annales de la brasserie et de la distillerie* par MM. Berdnikow et Andrejew, fascicule du 25 octobre 1924, p. 85. Les expériences et les résultats cités conduisent à cette conclusion qu'une seconde culture

microbienne ne se développe pas dans un bouillon ayant servi une première fois à cultiver le même ferment. Tel est le cas par exemple pour la bactérie du choléra des poules (Pasteur), pour la levure (Berdnikow et Andrejew) et pour le streptocoque (Berdnikow, *Immunisation locale*, Masson et Cie, Paris, p. 85). Il était d'ailleurs présumable que lorsque les transformations susceptibles d'être opérées par un ferment dans un milieu de culture sont achevées, il n'est plus possible de les provoquer de nouveau sous l'action du même ferment. On obtient ainsi des liquides ou solutions *vaccinés* ou immunisés qui ont été également dénommés antivirus, autotoxines etc. Par contre aucune méthode permettant d'arrêter en pleine marche une fermentation à un moment déterminé, celle d'un vin par exemple, n'a été indiquée, et MM. Berdnikow et Andrejew notent que « malgré les nombreux travaux effectués par des méthodes diverses, le problème n'a pas été résolu ».

Le procédé ci-dessous indiqué permet d'obtenir ce résultat :

Avec un liquide tel qu'un moût de vin par exemple dosant 250g de sucre par litre on détermine une première fermentation par la méthode habituelle avec une ou plusieurs levures. Lorsque la fermentation est bien déclarée et que 20 ou 30g de sucre ont été transformés en alcool on chauffe le liquide pendant une heure environ à une température supérieure de quelques degrés seulement à la température mortelle de la levure ou des levures qui se trouvent dans ce vin. En règle générale il suffit d'atteindre 45° C. Le liquide est ensuite refroidi puis ramené à la température optima de fermentation; il est une fois encore ensemencé avec les mêmes levures puis lorsque la fermentation est de nouveau nettement déclarée, on le chauffe une seconde fois comme il a été précédemment indiqué.

Il suffit en général de trois opérations de ce genre pour arrêter toute fermentation et pour rendre le liquide infermentescible, même après addition d'une quantité importante de levure et alors que la dose de sucres non fermentés est encore supérieure à 150g par litre.

En opérant sur des ballons contenant 500cm³, d'un moût très favorable au développement des levures, on obtient le même résultat après trois traitements successifs et même si l'on emploie des doses énormes et croissantes de levure, soit par exemple 20g de levure pressée pour le premier ensemencement, 40g pour le second, 60g pour le troisième et 80 pour le quatrième.

Ce procédé est facilement applicable industriellement. Il permet de conserver des vins et des cidres aussi sucrés qu'on le désire sans risque de fermentation alcoolique ultérieure ; de plus les précipitations successives de levure agissent comme des collages et il en résulte que les liquides obtenus sont remarquablement clairs.

Une série d'expériences a montré que le phénomène n'est nullement limité aux levures et qu'il semble au contraire général. Autrement dit on peut par cette méthode vacciner des liquides quelconques avant leur complète transformation et prévenir leur envahissement ultérieur par un ferment déterminé. Les liquides vaccinés préparés par une seule fermentation complète possèdent en quelque sorte des propriétés négatives, tandis que ceux préparés par la méthode qui vient d'être indiquée (fermentations successives du même milieu) ont au contraire des propriétés actives, puisque la transformation du milieu est rendue impossible bien avant qu'elle ne soit terminée. Du reste, si comme cela paraît démontré, l'arrêt des fermentations provient, tout au moins en partie, des toxines sécrétées par les microbes, il est certain que le liquide dans lequel trois ou quatre générations successives de ferments auront vécu sera plus actif que celui qui aura subi seulement l'action d'une seule culture. On conçoit donc qu'avec des liquides vaccinés de cette façon, c'est-à-dire préparés comme il a été indiqué, on puisse rendre très précaires les conditions de vie de certains bacilles, tels que le gonocoque, le bacille d'Eberth, les streptocoques, etc.

Il semble, d'après les expériences faites par l'auteur, que l'arrêt des fermentations, obtenu comme il a été indiqué plus haut, soit dû à au moins deux causes, dont l'une serait l'accumulation des toxines résultant de la vie et de la mort des générations successives de ferments dans les liquides de culture, et l'autre l'appauvrissement de ces liquides en substances, même non dosables, nécessaires au développement des microbes, ou tout au moins à l'exercice de leurs fonctions biologiques.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelles observations sur le facteur antirachitique de l'huile de foie de morue.* Note de MM. **E. Lesné** et **S. Simon**, présentée par M. Ch. Richet.

L'emploi de l'huile de foie de morue dans le traitement du rachitisme, introduit en France par Bretonneau et Trousseau, s'est généralisé, tout en gardant jusqu'à ces dernières années un caractère empirique.

Mais les travaux de Schabad, de Schloss, de Park et Howland, les recherches de Mellanby, de Shipley et Park, de Mac Collum et Simmonds,

reprises en France par Lesné, Vagliano et Christou ont démontré l'action curative de l'huile de foie de morue sur le rachitisme humain et sur le rachitisme expérimental sur lequel elle agit aussi préventivement.

Il a été prouvé que cette action thérapeutique indéniable dépend d'un corps lipo-soluble, résistant à la saponification, non encore isolé chimiquement, et que ce facteur antirachitique est distinct de la vitamine A (facteur de croissance et antixérophtalmique) (¹).

Cependant cette influence antirachitique de l'huile de foie de morue n'est pas constante. Aussi certains médecins lui dénient-ils toute valeur.

Nous avons donc cherché si des huiles de foie de morue de fabrication et de provenance différentes sont également riches en facteur antirachitique, en étudiant l'action préventive sur le rachitisme expérimental de 13 échantillons d'huile de foie de morue comparés avec 11 échantillons différents d'huiles végétales.

Nos expériences ont porté sur de jeunes rats en période de croissance. La durée de chaque expérience a été de 21 jours durant lesquels les animaux (maintenus dans l'obscurité) ont reçu, en plus du régime basal 85 de Pappenheimer (régime hypophosphoré rachitigène), $0^{cm^3},1$ d'huile de foie de morue donnée quotidiennement à la pipette.

Or les animaux témoins ont constamment présenté des lésions de rachitisme grave. Les animaux qui ont reçu des huiles végétales, d'olive, ou de lin, ou de noix, ou de coton, ou de colza, ou d'arachide, sont tous devenus rachitiques. Les huiles végétales n'ont donc conféré aucune protection.

Les huiles de foie de morue se sont montrées en général préventives, mais à des degrés variables.

Sur les 13 échantillons essayés, 5 se sont montrés très actifs : 3 huiles françaises (sur 4 huiles françaises essayées), 2 huiles brutes filtrées de Saint-Pierre, l'une blanche, l'autre brune, et une huile pharmaceutique blanche de Terre-Neuve; 2 huiles norvégiennes (sur 9 huiles de cette origine étudiées); une huile pharmaceutique blonde et une blanche.

2 *huiles ont une activité moyenne :* huiles pharmaceutiques blonde et blanche norvégiennes.

5 *huiles ont une activité très faible :* 4 huiles pharmaceutiques norvégiennes, une brune, deux ambrées et une huile blanche de Bergen; 1 huile industrielle blanche française de Terre-Neuve.

1 *huile pharmaceutique* blanche norvégienne de Bergen *a une activité nulle.*

Nos recherches expérimentales (que des observations cliniques sur les-

(¹) Lesné et Vagliano, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 711.

quelles nous n'insistons pas ici viennent appuyer) nous permettent les conclusions suivantes :

1° Les huiles végétales ne préviennent ni ne guérissent le rachitisme expérimental.

2° Certaines huiles de foie de morue ont une action curative sur le rachitisme humain et une action préventive et curative sur le rachitisme expérimental. Cette action est incontestable, bien que moins rapide et moins constante que celle des rayons ultraviolets.

3° L'origine et le mode de fabrication d'une huile de foie de morue ont une influence très nette sur sa teneur en facteur antirachitique. Certaines huiles sont plus ou moins actives, d'autres sont totalement inefficaces.

4° Cette activité ne peut être décelée par l'analyse physico-chimique. Des huiles parfaites quant à leur constitution (dont nous devons l'analyse à M. Hazard), et réalisant toutes les conditions exigées par le Codex, peuvent être sans action sur le rachitisme expérimental. La teneur d'une huile de foie de morue en facteur antirachitique n'a aucune relation avec la couleur de cette huile.

5° Seule l'épreuve biologique peut actuellement nous renseigner sur la teneur plus ou moins élevée en facteur antirachitique d'une huile de foie de morue.

Il est donc nécessaire d'exiger, pour les huiles de foie de morue, un *test biologique* basé sur leur pouvoir de protection dans le rachitisme expérimental. Ce contrôle qui ne nécessite que trois semaines, ne présente aucune difficulté réelle.

6° Une huile de foie de morue qui provoque des troubles digestifs, loin d'avoir une action curative sur le rachitisme, paraît avoir plutôt une action nocive et accuser les lésions rachitiques. Cela ne veut pas dire qu'elle ne contient pas de facteur antirachitique; car par simple filtration on peut parfois éliminer son action nocive et déceler son pouvoir protecteur.

7° Les huiles de foie de morue de fabrication française, provenant de Terre-Neuve et de Saint-Pierre, se sont montrées de qualité égale et même supérieure à des huiles de provenance étrangère.

Ces expériences montrent donc l'extrême difficulté des problèmes techniques de cette thérapeutique antirachitique puisque les réactions chimiques connues ne révèlent aucune différence dans des produits qui sont cependant tantôt très actifs, tantôt absolument inactifs.

MICROBIOLOGIE. — *Une splénomégalie myxobactérienne.* Note [1] de M. **A. Nanta**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note récente à la Société de Biologie (6 mars 1926), avec MM. Pinoy et Gruny, et dans des Notes consécutives avec MM. Costantini, Ardin-Delteil et Raynaud, nous avions attiré l'attention sur un type de splénomégalie parasitaire qui nous semblait devoir être individualisé à la fois par ses caractères histologiques et bactériologiques.

Les premières observations montraient constamment, dans une rate énorme, constituée par une transformation granulomateuse, des nodules décrits pour la première fois par Gamna.

Des observations histologiques ultérieures nous ont montré que ces nodules étaient inconstants, et nous ont permis de mettre en évidence dans les tissus toutes les formes bactériennes, grâce à la collaboration de M. Pinoy. Dans les premiers cas, nous avions trouvé des spirilles inconstants.

La bactérie, à type de coccus ou de bacille, très fine, entourée d'un halo réfringent, disposée en chaînettes courtes ou longues, est souvent réunie en pinceau, en amas touffu de fins filaments. Elle est colorée plus ou moins difficilement, selon les cas, par les bleus basiques ou par l'hématoxyline. Elle réduit le nitrate d'argent quand la capsule n'est pas trop épaisse. Elle affecte parfois la forme d'un filament très fin, à la limite de la visibilité, qui serpente entre les faisceaux conjonctifs, ou de fils de streptobacilles, en alignements irréguliers, dont les éléments, entourés d'un espace clair, à l'intérieur des faisceaux conjonctifs épaissis, sont plus ou moins nombreux. Elle existe constamment aussi dans la pulpe : on la trouve assez facilement surtout autour des nodules sidérosiques, isolée dans l'endothélium des sinus veineux et dans la travée conjonctive, ou groupée par petits amas de diplocoques encapsulés.

Il est beaucoup plus constant de trouver dans les nodules des formes filamenteuses ramifiées, fragmentées, épaisses de 1 à 3$^{\mu}$, qui prennent

---

(1) Séance du 31 mai 1926.

inégalement, selon les endroits, et faiblement, en général, les bleus basiques ou l'hématoxyline, plus faiblement le Gram. Les bactéries sont alors protégées par une gangue peu colorable, et sont difficiles à distinguer des fibres conjonctives ou élastiques en dégénérescence hyaline. Fréquemment ces filaments épais, fragmentés, sont terminés par une extrémité renflée, arrondie, jaunâtre, d'aspect hyalin, pleine ou creusée d'une cavité centrale qui paraît vide : ce sont des sortes de massues.

Dans tous les cas, les nodules renferment en plus ou moins grande abondance des corps de 10 à 40^{μ} de diamètre, réfringents ou teintés par les bleus ou l'éosine du Dominici, ou l'hématoxyline. Les corps sont ovoïdes ou sphériques, discoïdes, en calebasse, parfois formés de 2 ou 3 couches concentriques régulières; les couches concentriques peuvent être enroulées en turban, avec une ou deux épines mousses ou même un éperon déroulé d'aspect vermiforme. La variété des types de kystes est extraordinaire : il s'agit en effet de kystes, que d'énormes cellules géantes à corps étrangers englobent un peu partout.

Nous avons pu saisir le mode de constitution de ces kystes bactériens. Ils se forment parfois par fragmentation des fibres de collagène pénétrées par les bactéries; avant que leur évolution soit achevée, ils présentent en effet les colorations du collagène. La bactérie centrale devient immédiatement incolorable, comme nous l'avons vu sur un frottis provenant d'une ponction de rate où l'on assistait à l'enkystement bacillaire. Parfois cependant ces kystes font directement suite à un mince filament réfringent.

La forme la plus curieuse et qui avait frappé Gamna est celle des gros rubans hyalins, ramifiés, fragmentés, tantôt réfringents, incolorables, tantôt fortement colorés par les bleus, l'éosine ou l'hématoxyline. Ils masquent des bactéries, qui s'échappent parfois sous forme d'un bouquet de filaments nus, très fins. Nous pensons avec Pinoy que ces rubans sont constitués par la dégénérescence des fibres de collagène tuméfiées et pénétrées par les bactéries, auxquelles s'ajoutent des produits de sécrétion bactérienne. L'ensemble forme à la bactérie une enveloppe protectrice. Cet aspect est à rapprocher étroitement de ce que l'on voit dans la staphylococcie expérimentale, étudiée par Magrou. Dans nos lésions, il y a des formes comparables : des rubans hyalins terminés par un renflement en bouton coiffé d'une calotte épineuse. L'ensemble vu de face a l'aspect d'une tête de spore aspergillaire; de profil, celui d'une fleur ou d'un épi stylisés; mais il ne s'y

révèle aucun détail de structure nucléaire, et ces formes se rapprochent par des intermédiaires multiples des massues précitées.

En somme les aspects divers du parasite sont nombreux dans le même foyer : coccus très fins ou diplocoque encapsulé, formes bacillaires, streptobacillaires ou filamenteuses nues, formes pseudomycéliennes fragmentées, ramifiées, protégées par une gangue, gros rubans hyalins réfringents, massues, kystes volumineux d'aspect extraordinairement varié. Nos coupes permettent de suivre pas à pas la filiation des diverses formes d'un même élément.

La splénomégalie que provoque ce parasite est particulièrement fréquente en Algérie puisque nous avons pu examiner huit rates en six mois.

Il nous semble qu'une étude plus approfondie des cas de maladie de Banti, d'anémie splénique, de splénomégalie avec ascite ou avec hématémèse, devra permettre dorénavant, en partant de ces données histobactériologiques, d'aboutir non seulement au démembrement de la maladie de Banti, mais encore à un regroupement étiologique des diverses affections que nous venons de citer.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une synbactérie isolée de cas de splénomégalie.* Note [1] de M. **P.-E. Pinoy**, présentée par M. F. Mesnil

Dans trois cas de splénomégalie nodulaire, caractérisée cliniquement, outre la grosseur de la rate, par de la leucopénie, souvent de l'ascite, un gros foie et des hématémèses, dont, avec MM. Nanta et Gruny, nous avons donné, sans connaître le travail de Gamna, la description dans une Note à la Société de Biologie, nous avons isolé en culture un microorganisme d'une part, correspondant morphologiquement, à celui que nous avions observé au microscope dans les nodules, d'autre part produisant, par inoculation expérimentale chez le cobaye, des lésions comparables à celles que l'on obtient en inoculant directement au même animal un peu de pulpe de rate prélevée au niveau des nodules.

Dans les coupes renfermant des nodules, on constate au microscope l'existence de gros filaments, présentant des ornements et des épines très analogues à ceux que Magrou a décrits dans la botryomycose expérimentale du testicule du cobaye. Certaines de ces formations ont été représen-

(1) Séance du 31 mai 1926.

tées par Gamna. Gamna les interprète comme des formes de dégénérescence du tissu conjonctif. Or l'examen microscopique nous montre que ces filaments sont fréquemment constitués par de la substance collagène renfermant des faisceaux de filaments très fins, souvent fragmentés en éléments plus ou moins courts simulant des chaînettes de streptobacilles. Ces formations sont comparables à celles que donne le staphylocoque dans la botryomycose. Ici nous trouvons en outre des kystes. Cela est identique aux formes que donne la synbactérie (myxobactérie), spécifique dans les nodosités des Légumineuses. Comme les massues de l'actinomycose, ces productions s'imprègnent de fer et de calcium.

Nous désignerons cette myxobactérie (synbactérie) sous le nom de *Synbacterium splenomegaliæ*.

La culture peut être obtenue en anaérobiose stricte dans des tubes de gélose de Veillon, recouverte d'une couche d'huile de vaseline, à la température de 35 à 38°. La bactérie ne se développe pas à la température ordinaire. Dans le premier cas, sur six tubes ensemencés avec de la pulpe de rate, un seul a cultivé au bout de 3 semaines, donnant à plus de 1^{cm} au-dessous de la couche d'huile de vaseline un anneau trouble qui, examiné à la loupe, se résolvait en une quantité de très fines colonies en forme de pastilles plus ou moins régulières, plus ou moins granuleuses. Nous avons réalisé plus facilement la culture dans les deux autres cas en utilisant, au lieu de gélose de Veillon, de la gélatine recouverte également d'huile de vaseline. On dépose la pulpe de rate, prélevée aseptiquement à la pipette, à la limite de la gélatine et de l'huile de vaseline et l'on place les tubes dans l'étuve à 36, 37°. Au bout de 36 heures, on voit des filaments muqueux partir des fragments de rate. Au bout de 48 heures, souvent on constate la fusion de ces filaments en un anneau blanc floconneux d'où partent d'autres filaments muqueux se dirigeant vers le fond du tube.

Si l'on prélève les colonies soit sur gélose, soit en gélatine et si on les ensemence dans du bouillon, sous couche d'huile de vaseline, au bout de 24 à 36 heures, le bouillon montre un trouble uniforme qui s'éclaircit plus ou moins les jours suivants, en même temps qu'il se produit un dépôt blanc. Au microscope, sans coloration, à l'examen direct, on ne voit que des granulations réfringentes en amas ou en filaments. Sur des préparations colorées au bleu de méthylène, on obtient l'aspect d'un précipité volumineux en amas ou en filaments.

Par coloration à chaud avec la fuchsine de Ziehl et décoloration par

l'alcool absolu, on voit que la bactérie est un fin coccus ou un diplocoque entouré d'une capsule. Parfois cette capsule est colorée par la fuchsine et on a l'aspect d'un diplobacille ou d'un coccus plus gros à bords estompés. L'inoculation au cobaye ou au lapin de la culture en bouillon ($0^{cm^3},25$) tue ces animaux en moins de 24 heures, que l'inoculation soit faite dans les veines, dans le péritoine ou sous la peau. Lorsque l'on fait l'inoculation sous-cutanée chez le cobaye, on constate la production d'un œdème local gélatineux et gonflement œdémateux des ganglions correspondants.

A l'autopsie, on constate la congestion de la rate, des surrénales; le foie présente des zones décolorées. Le sang ne se coagule pas et est clair. L'examen microscopique du liquide d'œdème, coloré au Giemsa, montre des amas de microbes encapsulés et souvent de grandes formes filamenteuses. Le sang présente une diminution du nombre des globules blancs. On rencontre fréquemment des coccus ou des diplobacilles dans les leucocytes altérés. Si les caractères culturaux n'étaient pas si différents, on pourrait songer au pneumobacille de Friedländer.

Des travaux ultérieurs nous fixeront sur l'importance pathogénique de cette bactérie. Il est probable, d'après les résultats obtenus par inoculation chez les animaux, qu'il existe une maladie aiguë, correspondant à la maladie chronique, caractérisée par une invasion myxobactérienne de la rate. La synbactérie doit déterminer chez l'homme des maladies fébriles aiguës qui, actuellement, sont confondues avec d'autres affections soit typhiques, soit mélitococciques, soit plutôt paludéennes, là où les médecins font le diagnostic de paludisme alors que le laboratoire n'a pas révélé de parasites dans le sang.

M. Raoul Ferrier adresse une Note intitulée : *Limite d'application de la théorie du potentiel-vecteur.*

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 10 mai 1926.)

Note de M. *A. Alayrac*, Étude théorique du vol ramé :

Page 1132, dernière ligne, supprimer l'exposant 3 dans les deux radicaux; *lire*

$$\frac{1}{\sqrt{R_1}}\,\frac{\gamma_1 \sin(\varphi+\beta_1)-g\sin\beta_1}{\gamma_1\sqrt[4]{g^2+\gamma_1^2-2g\gamma_1\cos\varphi}} \geqq \frac{1}{\sqrt{R_2}}\,\frac{\gamma_2 \sin(\varphi+\beta_2)+g\sin\beta_2}{\gamma_2\sqrt[4]{g^2+\gamma_2^2+2g\gamma_2\cos\varphi}}.$$

(Séance du 17 mai 1926.)

Note de M. *Barthélemy*, Action du glycogène et du blanc de l'œuf de Poule sur les spermatozoïdes de la Grenouille rousse (*Rana fusca*) :

Page 1243, ligne 14, *lire* concentrations de 1,66 pour 1000 de NaCl.
Page 1244, ligne 15, *lire* proportion des $\frac{2}{5}$ du volume total.

(Séance du 25 mai 1926.)

Note de M. *Georges Valiron*, Sur les fonctions méromorphes sans valeurs asymptotiques :

Page 1267, formule du bas de la page, *au lieu de* n, *lire* r.
Page 1268, ligne 12, *au lieu de* $\delta = T(r)$, *lire* $\frac{1}{\delta} = T(r)$.

(Séance du 31 mai 1926.)

Note de M. *H. Deslandres*, Distribution dans le temps des perturbations magnétiques terrestres, et répartition correspondante dans le Soleil des régions qui émettent un rayonnement corpusculaire :

Page 1304, 4^e^ alinéa, ligne 3, *au lieu de*

1926. Janvier 26.69 V. S. 357°,5 — 3°

lire

1926. Janvier 26.69 V. S. 6°,5 —11°

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **José-R. Carracido**, président de l'Académie des Sciences de Madrid, à M. **Obdulio Fernández Rodríguez**, professeur à l'Université de Madrid, à M. **Tanakadate**, membre de l'Académie des Sciences du Japon et à M. **Lander William Jones**, professeur à l'Université de Princeton, qui assistent à la séance.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un problème de la théorie des surfaces.* Note de M. **E. Goursat.**

1. Dans ses recherches sur les surfaces isothermiques [1], G. Darboux a donné une solution particulière du problème général suivant, qui ne semble pas avoir été étudié depuis lors.

Soit S une surface admettant l'élément linéaire

$$(1) \qquad ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2;$$

à chaque point $M(u, v)$ de cette surface, on fait correspondre un point P du plan tangent en M, dont les coordonnées sont :

$$(2) \qquad X = x + \lambda\frac{\partial x}{\partial u} + \mu\frac{\partial x}{\partial v}, \qquad Y = y + \lambda\frac{\partial y}{\partial u} + \mu\frac{\partial y}{\partial v}, \qquad Z = z + \lambda\frac{\partial z}{\partial u} + \mu\frac{\partial z}{\partial v},$$

λ, μ étant des fonctions de u, v. Lorsque le point M décrit la surface S, le point P décrit une surface Σ pour laquelle le carré de l'élément linéaire est

---

[1] *Comptes rendus*, 78, 1899, p. 1264, 1299, 1483.

donné par la formule élégante due à G. Darboux

$$(3)\qquad dS^2 = \Omega + \frac{D\lambda^2 + 2D'\lambda\mu + D''\mu^2}{H}(D\,du^2 + 2D'\,du\,dv + D''\,dv^2),$$

Ω étant une forme quadratique en du, dv, dont les coefficients ne dépendent que de E, F, G, λ, μ, et les lettres D, D′, D″, H ayant leur signification habituelle de la théorie des surfaces. Si l'on remplace λ, μ par deux autres fonctions λ_1, μ_1 des variables u, v, le point P_1 obtenu décrit de même une surface Σ_1 pour laquelle on a

$$(4)\qquad dS_1^2 = \Omega_1 + \frac{D\lambda_1^2 + 2D'\lambda_1\mu_1 + D''\mu_1^2}{H}(D\,du^2 + 2D'\,du\,dv + D''\,dv^2).$$

Cela posé, cherchons s'il est possible de choisir les quatre fonctions λ, μ, λ_1, μ_1, de façon que le rapport $\frac{dS_1}{dS}$ *soit indépendant du rapport* $\frac{dv}{du}$, *quels que soient* D, D′, D″. S'il en est ainsi, les deux surfaces Σ, Σ_1 se correspondent avec similitude des éléments infiniment petits, et cette propriété se conserve quand on remplace la surface S par une autre surface S′ admettant le même élément linéaire; de sorte que si l'on fait rouler la surface S sur une autre surface applicable sur S, les points P, P_1, associés au point de contact des deux surfaces, décrivent toujours deux surfaces Σ, Σ_1, qui se correspondent avec similitude des éléments infiniment petits.

Il en est évidemment ainsi si (λ, μ), (λ_1, μ_1) annulent respectivement les coefficients des deux formes Ω, Ω_1. Par d'élégantes considérations géométriques, G. Darboux obtient sans aucun calcul un cas étendu où il en est ainsi, et, si l'on traite la question par le calcul, on ne trouve pas d'autre solution que celle de Darboux.

2. Mais les deux surfaces Σ, Σ_1 peuvent se correspondre autrement avec similitude des éléments infiniment petits. On démontre d'abord aisément que les trois points P, P_1, M doivent être en ligne droite. En laissant de côté le cas où la droite PP_1 serait une tangente isotrope de S_1 on peut donc choisir les courbes coordonnées (u), (v), de façon que l'on ait

$$F = \mu = \mu_1 = 0.$$

Des formules (3) et (4) on déduit alors immédiatement

$$(5)\qquad \frac{dS^2}{\lambda^2} - \frac{dS_1^2}{\lambda_1^2} = \frac{\Omega}{\lambda^2} - \frac{\Omega_1}{\lambda_1^2},$$

et l'on aura une solution du problème si les trois coefficients de la forme

$$\frac{\Omega}{\lambda^2} - \frac{\Omega_1}{\lambda_1^2}$$

sont nuls. On peut donc prévoir *a priori* que le problème admet une infinité de solutions puisque ces trois relations renferment quatre fonctions indéterminées E, G, λ, μ. En faisant le calcul, on obtient les conditions suivantes :

(6) $$\frac{1}{\lambda} + \frac{\partial \log \lambda}{\partial u} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial u} = \pm\left[\frac{1}{\lambda_1} + \frac{\partial \log \lambda_1}{\partial u} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial u}\right],$$

(7) $$E\frac{\partial}{\partial v}\log\left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right)\frac{\partial}{\partial v}\log(E\lambda\lambda_1) + G\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_1}\right)\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{\partial \log G}{\partial u}\right) = 0,$$

(8) $$\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{\partial \log \lambda}{\partial u} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial u}\right)\left(\frac{\partial \log \lambda}{\partial v} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial v}\right) - \frac{1}{2\lambda}\frac{\partial \log E}{\partial v}$$
$$= \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{\partial \log \lambda_1}{\partial u} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial u}\right)\left(\frac{\partial \log \lambda_1}{\partial v} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log E}{\partial v}\right) - \frac{1}{2\lambda_1}\frac{\partial \log E}{\partial v};$$

la première condition se dédoublant en deux conditions distinctes, il existe deux familles de solutions analytiquement distinctes.

3. Il paraît naturel d'introduire dans ces conditions les distances

$$l = MP = \sqrt{E}\,\lambda, \qquad l_1 = MP_1 = \sqrt{E}\,\lambda_1.$$

Si l'on représente ces distances par $l = e^{\alpha+\beta}$, $l_1 = e^{\alpha-\beta}$, en prenant d'abord le signe + devant le second membre de la formule (6), les relations (6), (7), (8) conduisent aux formules suivantes

$$E = \left[\frac{e^\alpha \frac{\partial\beta}{\partial u}}{\operatorname{sh}\beta}\right]^2, \qquad G = \frac{V}{\operatorname{sh}^2\beta} - \left[\frac{e^\alpha \frac{\partial\beta}{\partial v}}{\operatorname{sh}\beta}\right]^2,$$
$$\lambda = \frac{e^\beta \operatorname{sh}\beta}{\frac{\partial\beta}{\partial u}}, \qquad \lambda_1 = \frac{e^{-\beta}\operatorname{sh}\beta}{\frac{\partial\beta}{\partial u}},$$

V étant une fonction arbitraire de v, α et β deux fonctions de u, v, qui satisfont à la relation

(9) $$\frac{\partial^2\beta}{\partial u\,\partial v} + \frac{\partial\beta}{\partial v}\frac{\partial\alpha}{\partial u} + \frac{\partial\beta}{\partial u}\frac{\partial\alpha}{\partial v} = 0.$$

Tout système de deux fonctions α et β satisfaisant à cette condition fournira donc une infinité de solutions du problème dépendant d'une fonction arbitraire V de v. Cette relation (9) peut encore s'écrire sous la forme élé-

gante

$$l_1 \frac{\partial^2 l}{\partial u \, \partial v} - l \frac{\partial^2 l_1}{\partial u \, \partial v} = 0,$$

de sorte que *l et l_1 doivent être deux intégrales particulières d'une équation de Laplace à invariants égaux*

$$\text{(10)} \qquad \frac{\partial^2 l}{\partial u \, \partial v} = \mathrm{K}(u, v)\, l,$$

la fonction $\mathrm{K}(u, v)$ pouvant être choisie arbitrairement.

4. Si l'on prend le signe — devant le second membre de la formule (6), on obtient des expressions un peu différentes pour λ, λ_1, E, G,

$$\mathrm{E} = \left[\frac{e^\alpha}{\mathrm{ch}\,\beta} \frac{\partial \alpha}{\partial u}\right]^2, \qquad \mathrm{G} = \mathrm{V} e^{2\alpha} - \left[\frac{e^\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial u}}{\mathrm{sh}\,\beta}\right]^2,$$
$$\lambda = -\frac{\mathrm{ch}\,\beta}{\frac{\partial \alpha}{\partial u}} e^\beta, \qquad \lambda_1 = -\frac{\mathrm{ch}\,\beta\, e^{-\beta}}{\frac{\partial \alpha}{\partial u}},$$

et la relation (9) doit être remplacée par la suivante

$$\text{(11)} \qquad \frac{\partial^2 \alpha}{\partial u \, \partial v} = \mathrm{tangh}\,\beta \frac{\partial \beta}{\partial v} \frac{\partial \alpha}{\partial u} + \mathrm{coth}\,\beta \frac{\partial \beta}{\partial u} \frac{\partial \alpha}{\partial v}.$$

5. La formule (5) permet aussi de traiter la question inverse. Soient Σ, Σ_1 deux surfaces quelconques que l'on fait correspondre point par point, de façon que les angles se conservent. Les droites qui joignent les points correspondants P, P_1 de ces deux surfaces forment une congruence. Pour que le couple formé par Σ, Σ_1 soit un des couples qui viennent d'être définis, il faut et il suffit que le rapport de similitude des éléments infiniment petits aux points P, P_1 soit égal au rapport des distances des points P, P_1 à l'un des points focaux M de la congruence situés sur la droite PP_1. S'il en est ainsi, on peut déduire du couple (Σ, Σ_1) une infinité de couples de surfaces possédant la même propriété en faisant rouler la surface S, lieu du point focal M, sur une surface applicable sur S.

On peut assujettir les surfaces Σ, Σ_1 à bien d'autres conditions. Toutes ces questions feront l'objet d'un travail plus étendu.

GÉODÉSIE. — *Centre de gravité et moments d'inertie des Océans. Action moyenne de la Terre sur l'Océan.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Tout le monde sait qu'on peut trouver sur la Terre deux hémisphères, l'un principalement continental, l'autre presque exclusivement marin, dont le pôle est en plein Pacifique. Cette répartition très oblique et excentrique de la partie liquide, mobile, de notre globe, a nécessairement une importante influence sur tous les petits mouvements de l'écorce terrestre, marées de l'écorce, variations des latitudes. Pour analyser ce rôle, il m'a paru utile de chiffrer les principales propriétés mécaniques correspondantes : masse, position du centre de gravité, moments et produits d'inertie. Cela fait 10 grandeurs à évaluer pour les océans. J'y ai ajouté une évaluation sommaire des 10 mêmes grandeurs pour les continents.

2. Je me suis vite convaincu qu'il n'est pas raisonnable, dans l'état actuel de nos connaissances, de chercher une précision beaucoup supérieure au centième pour les océans, et au dixième pour les continents. Cela permet, par l'emploi systématique, pour chaque grandeur, de la division de la surface du globe en compartiments équivalents, de limiter la durée du travail. Après examen j'ai fait les mesures d'après les cartes 2, 5, 7 de l'Atlas *The Times* (Bartholomew), édition de 1920. Une fois en possession des cartes bathyorométriques, le travail comprend le calcul des compartiments, le tracé des compartiments sur 5 cartes pour chaque grandeur (3 feuilles de planisphère Mercator et 2 feuilles polaires), l'attribution d'une profondeur moyenne — à vue — à chaque compartiment, puis le calcul du résultat. Les compartiments étant équivalents — au signe près — l'opération se réduit à l'addition de toutes les profondeurs moyennes de même signe — soustraction des deux totaux — et multiplication par la valeur d'un compartiment. J'ai généralement divisé en 40 fuseaux et 20 zones, ce qui fait 800 compartiments à coter pour chaque grandeur.

Une complication résulte de ce que certains compartiments extrêmes ont souvent une étendue excessive, 30° et jusqu'à 44°. Dans ce cas ces compartiments doivent être eux-mêmes subdivisés en cinquièmes ou en dixièmes pour permettre la cote à vue.

Pour les océans, la cote à vue a autant de sûreté que le tracé actuel des isobathes. S'il ne subsistait pas tant de régions vides de sondages, et surtout les régions polaires, je crois qu'on approcherait facilement de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{1000}$ comme précision.

Pour les continents, la grosse incertitude a une autre origine : on ne connaît certainement pas à $\frac{1}{20}$ près les densités des divers massifs montagneux élevés.

3. A ce degré de précision, il est inutile de tenir compte de l'aplatissement, et l'on peut évaluer toutes les grandeurs comme si la masse était étalée sur la sphère en couche mince, avec une densité superficielle proportionnelle à la profondeur. Appelant L la longitude et Λ la latitude, on trouve facilement que, pour faire la division en compartiments équivalents, il faut faire croître, par échelons égaux de o à leur valeur maximum (par dixièmes par exemple) les expressions trigonométriques données dans le tableau qui suit.

Grandeur.	Fuseaux.	Zones.
M....................	L	$\sin\Lambda$
$M\xi$....................	$\sin L$	$\frac{1}{4}(2\Lambda + \sin 2\Lambda)$
$M\eta$....................	$\cos L$	»
$M\zeta$....................	L	$\frac{1}{2}\cos^2\Lambda$
$M\xi^2$....................	$\frac{1}{4}(2L + \sin 2L)$	$\sin\Lambda + \frac{1}{9}\sin 3\Lambda$
$M\eta^2$....................	$\frac{1}{4}(2L - \sin 2L)$	»
$M\zeta^2$....................	L	$\frac{1}{3}\sin^3\Lambda$
$M\eta\zeta$....................	$\cos L$	$\frac{1}{3}\cos^3\Lambda$
$M\zeta\xi$....................	$\sin L$	$\frac{1}{3}\cos^3\Lambda$
$M\xi\eta$....................	$\frac{1}{4}\cos 2L$	$\sin\Lambda + \frac{1}{9}\sin 3\Lambda$

Les tables numériques correspondantes seront données ailleurs.

4. Voici les résultats, en prenant le kilomètre comme unité de longueur. Les coordonnées ξ, η sont prises dans l'équateur, ξ dans le méridien de Greenwich (o°), η à 90° W (à peu près le méridien des bouches du Missisipi) ; ζ est pris suivant l'axe de rotation vers le Nord.

Océans.			
M.........	$1{,}31_5 . 10^9\ K^3$		
$\overline{M\xi}$.........	$-1{,}04_5 . 10^{12} K^4$	$\bar{\xi}$.................	-795 km
$\overline{M\eta}$.........	$+0{,}59_4$ »	$\bar{\eta}$.................	$+452$ »
$\overline{M\zeta}$.........	$-1{,}25_3$ »	$\bar{\zeta}$.................	-953 »
$\overline{M\xi^2}$.........	$20{,}9 \ . 10^{15} K^5$	$M(\overline{\eta^2+\zeta^2})$........	$32{,}0_5 . 10^{15} K^3$
$\overline{M\eta^2}$.........	$17{,}3_5$ »	$M(\overline{\zeta^2+\xi^2})$........	$35{,}6$ »
$\overline{M\zeta^2}$.........	$14{,}7$ »	$M(\overline{\xi^2+\eta^2})$........	$38{,}2_5$ »
$\overline{M\eta\zeta}$.........	$0{,}732$ »	*N. B.* — Pour le globe complet	
$\overline{M\zeta\xi}$.........	$-0{,}978$ »	$A - C = 3{,}2 . 10^{-3} C$	
$\overline{M\xi\eta}$.........	$-0{,}188$ »	et C est probablement compris entre $0{,}5$ et $1 \times 10^{20} K^5$	

Le centre de gravité des océans est à 1320^{km} du centre du globe terrestre suivant un rayon $L = 150°$ W, $\Lambda = 46°$ S presque aux antipodes d'Odessa.

Les produits d'inertie sont loin d'être négligeables. L'axe de rotation de la Terre n'est pas du tout un des axes principaux de la masse océanique. En conséquence les petites déformations de cette masse par les marées exerceront un couple, — très petit mais variable —, sur la partie solide du globe.

Si l'ensemble du globe a un ellipsoïde d'inertie de révolution autour de l'axe de rotation, la partie solide considérée seule doit avoir des produits d'inertie égaux et de signe contraire à ceux des océans. L'axe de rotation de la Terre *n'est pas exactement* un axe principal d'inertie de la partie solide. On devine toute l'importance de ces faits pour la théorie minutieuse de la rotation de la Terre.

Les grandeurs correspondantes pour les continents sont *beaucoup plus petites* que pour les océans. La symétrie de l'ensemble dépend de la distribution des densités en profondeur.

Toutes ces questions seront discutées ailleurs.

5. Dans l'état moyen, les océans tournent autour de l'axe polaire avec la vitesse uniforme du mouvement diurne. Le mouvement étant connu, les équations de la Mécanique permettent de remonter aux forces et couples qui le produisent. Ces forces et couples proviennent des attractions par la partie solide, des pressions sur le fond des mers, des frottements, etc.

Action du globe sur les océans :

	Force.		Couple.
X......	$0,32.10^{24}$ dynes	Ξ......	$-0,41.10^{32}$ dynes-cm
Y......	$-0,34$ »	H......	$-0,78$ »
Z......	0 »	Z......	0 »

La force est de l'ordre de $\frac{1}{375}$ gM.

Le couple est de l'ordre d'un millier de fois le couple maximum exercé par la Lune sur l'ensemble du globe (environ 10^{29} C. G. S.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un hydrocarbure coloré : le rubrène.* Note de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Paul Marshall Dean.**

L'éther chlorhydrique du phényléthinyl-diphénylcarbinol

$$C^6H^5-C\equiv C-\underset{\underset{Cl}{|}}{C}\begin{matrix}\diagup C^6H^5\\ \diagdown C^6H^5\end{matrix},$$

Chlorure de phényléthinyl-diphénylméthyle.

précédemment décrit (¹), peut donner naissance à diverses sortes d'hydrocarbures.

Ainsi qu'il a été établi antérieurement (¹), cet éther, grâce à la mobilité de l'atome de chlore, est très instable. Il se montre, en particulier, fort sensible aux agents d'hydrolyse, et il conduit aisément soit au carbinol correspondant (ou à la cétone éthylénique isomérique) (¹), soit à des éthers-oxydes (²). Mais nous avons, en outre, reconnu qu'il pouvait donner de l'acide chlorhydrique non plus par voie d'hydrolyse, comme dans les réactions du type précédent, mais aux seuls dépens de sa propre substance. Contrairement, en effet, à ce que l'on pourrait penser d'après l'examen de sa formule, où l'on ne trouve d'hydrogène que dans les noyaux benzéniques, l'éther perd facilement HCl, dont l'hydrogène est ainsi nécessairement emprunté à l'un des noyaux.

(¹) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Colin Mackall, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 33, 1923, p. 934.

(²) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Harold Blatt, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 35, 1924, p. 1412.

Si, par exemple, on le chauffe dans le vide, à l'état pur et en l'absence de tout solvant, on constate qu'il s'établit peu à peu dans le récipient une pression de gaz chlorhydrique. Comme on peut le concevoir d'après ce genre même de transformation, et aussi en raison de la présence d'un groupement aussi réactif que le groupement acétylénique, la réaction doit être assez complexe, et c'est bien, en fait, ce que l'on observe. Par une étude systématique des conditions de l'élimination du gaz chlorhydrique (essais en présence de divers réactifs ou catalyseurs, en présence ou en l'absence de solvants, etc.), nous avons réussi à trouver une technique permettant l'obtention de proportions notables d'un hydrocarbure bien défini, qu'en raison de sa couleur nous avons appelé *rubrène*.

Préparation. — Dans un ballon d'assez forte capacité on chauffe progressivement au bain d'huile, sous le vide de la trompe à eau, du chlorure de phényléthinyl-diphénylméthyle, bien purifié et soigneusement débarrassé de toute trace de solvant. On observe d'abord la fusion (à 71°), bientôt on aperçoit des bulles gazeuses (HCl), et le dégagement est intense aux environs de 100°, tandis que la masse s'épaissit et prend une couleur rouge de plus en plus foncée. Une température de 120° ayant été maintenue pendant 2 heures, le dégagement est alors devenu très faible (ainsi qu'on peut le constater au moyen d'un dispositif approprié). Après refroidissement, on trouve dans le ballon une masse résineuse rouge brun très foncé. Pulvérisée et lavée à l'éther à plusieurs reprises, elle a l'apparence d'une poudre rouge orangé, constituée par le rubrène à la vérité encore impur.

La purification est obtenue par dissolution dans du benzène, addition de ligroïne bouillant un peu au-dessus de 100°, et élimination de la majeure partie du benzène par distillation dans le vide à froid : le produit ne tarde pas à cristalliser. On le recueille et on le soumet plusieurs fois au même traitement de purification (dissolution dans du benzène, etc.).

Le rendement en rubrène pur est voisin de 25 pour 100. Des résidus, d'aspect résineux, on peut extraire d'autres corps définis, et, en particulier, des cristaux jaunes fondant vers 450°.

Propriétés. — Le nouvel hydrocarbure se présente sous la forme de cristaux d'une magnifique couleur rouge orangé, légitimant le nom que nous lui avons donné. Il fond nettement à 331° (au bloc Maquenne).

Il se dissout dans le benzène en donnant une liqueur rouge orangé douée d'une fluorescence jaune très intense. Un examen sommaire au spectroscope montre, pour une dilution convenable, trois bandes d'absorption, une dans le vert, une autre dans le bleu, et la troisième dans le violet. Dans les solutions concentrées on ne voit qu'une seule bande, allant du vert au violet. Le repérage exact de ces bandes, et aussi de celles qui peuvent exister dans l'ultraviolet, est en cours.

Relativement faible dans le benzène, la solubilité du rubrène dans les autres solvants organiques est encore moindre, quand elle n'est pas nulle. Parmi les meilleurs solvants citons le sulfure de carbone, la pyridine, le bromure d'éthylène, le chlorobenzène, le bromobenzène. Le corps est très peu soluble dans l'éther, encore moins dans l'alcool, insoluble dans l'acide acétique. Toutes les solutions, même très étendues, ont une fluorescence jaune, sauf toutefois les solutions dans le nitrobenzène.

Le rubrène possède à un haut degré les caractères d'un composé non saturé, ainsi que pouvait déjà le laisser supposer sa forte coloration. Il fixe énergiquement, en solution chloroformique, le brome (4^{at}), en se décolorant. Dans cette réaction, qui est assez complexe, divers corps prennent naissance, dont plusieurs offrent cette particularité vraiment curieuse d'avoir des points de fusion très élevés, dans la région du rouge sombre. L'un deux fond vers 460°, un autre vers 500°, et la fusion de ce dernier, qui s'effectue sans décomposition, est même si nette, que c'est par fusion que l'on en obtient les plus beaux cristaux. Rappelons, à ce propos, que le point de fusion le plus élevé qu'à notre connaissance on ait encore signalé en Chimie organique est 418°, point de fusion de l'oxamide. Comme on peut penser, la faible solubilité de ces composés bromés rend leur séparation très pénible; c'est ainsi que le corps fusible vers 500°, pratiquement insoluble dans tous les solvants, n'a pu être isolé (et encore en très petite quantité) à l'état sensiblement pur que par cristallisation à haute température dans le naphtalène.

Les solutions de rubrène sont stables à l'obscurité (en présence comme à l'abri de l'air), ou à la lumière en l'absence d'air. Mais, à la lumière et au contact de l'air, elles se décolorent rapidement, en fixant de l'oxygène, en même temps que l'on voit disparaître la fluorescence; et il y a là une nouvelle manifestation du caractère non saturé de la molécule de rubrène.

Traité, en présence d'acide acétique et de phosphore rouge, par une solution d'acide iodhydrique, le rubrène se décolore également, en donnant un corps cristallisé, qui fond vers 180°.

Formule. — L'analyse élémentaire et la cryoscopie conduisent à attribuer au rubrène la formule $C^{42}H^{28}$, qui correspond à un dimère du chlorure de phényléthinyl-diphénylméthyle ayant perdu 2HCl.

L'étude cryoscopique dans le benzène a donné, pour le poids moléculaire, le nombre moyen 485 (au lieu de 532), lequel, quoique un peu faible, ne laisse aucun doute sur la dimérisation (on aurait, pour le monomère, 266). Dans le bromure d'éthylène, le nombre moyen trouvé 364 est sensiblement

plus faible, quoique encore nettement supérieur à celui qui correspond au monomère; cette particularité retient d'ailleurs notre attention.

Des expériences en vue d'établir la structure de la molécule sont en cours.

PHOTOMÉTRIE. — *Brillance apparente de la face de sortie d'un système optique à lentilles épaisses en nombre quelconque.* Note [1] de MM. **A. Blondel** et **A. Dargenton**.

On sait calculer en fonction de la brillance b_0 d'une source considérée comme surface lumineuse émettant suivant la loi de Lambert, la brillance b' de la surface de sortie d'une lentille pratiquement mince [2].

On sait qu'à la traversée d'un dioptre, les divergences sphériques $d\omega$, $d\omega'$ de petits pinceaux coniques décrits autour du rayon incident et du rayon réfracté sont dans le rapport

$$\frac{d\omega'}{d\omega} = \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'}\left(\frac{n}{n'}\right)^2 \tag{1}$$

en appelant α et α' les angles d'incidence et de réfraction, n et n' les indices des deux milieux.

Nous nous proposons d'étudier ici le cas le plus général d'un système formé de p dioptres $1, 2, 3, \ldots, p$ limitant $(p+1)$ milieux différents numérotés $0, 1, 2, \ldots, p$, éloignés autant qu'on voudra les uns des autres.

Supposons qu'un rayon lumineux partant d'une source de lumière placée à l'entrée du premier dioptre, traverse successivement tous les autres et vienne finalement à la sortie tomber sur la pupille de l'œil d'un observateur; que ce rayon constitue l'axe d'un pinceau lumineux d'angle solide suffisamment petit pour que le pinceau émergeant couvre complètement la pupille de l'œil (ou une pupille artificielle plus petite qui la remplace devant l'œil) et enfin que le système soit stigmatique pour ce pinceau, c'est-à-dire que le point sommet du cône incident ait un point image sur la pupille.

---

(1) Séance du 31 mai 1926.

(2) Pour la démonstration, cf. A. Blondel, *Sur les propriétés photométriques des lentilles de projection* (*Association française pour l'avancement des Sciences*, Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899, p. 317); cette démonstration a été donnée au moyen du théorème de Bravais, pour le cas de cônes élémentaires de sections dx, dy et dx', dy', au moyen desquels on peut toujours constituer des sections quelconques $d\omega$, $d\omega'$.

Le pinceau considéré forme une congruence linéaire qui découpe successivement sur les différents dioptres de petites surfaces élémentaires $d\sigma_1$, $d\sigma_2$, $d\sigma_p$; on désignera par α et α' avec le numéro du dioptre, les angles d'incidence et de réfraction au passage de chaque dioptre. Le pinceau de lumière émis par chaque surface jouant le rôle de source secondaire, peut être considéré comme formé d'une infinité de petits cônes du second ordre, ayant des angles solides, qu'on désignera par $d\omega$ et $d\omega'$ au passage de chaque face; la divergence sphérique $d\omega'_k$ des rayons émis par le dioptre d'indice k par exemple, se conserve comme divergence sphérique $d\omega_{k+1}$ des rayons incidents tombant sur le dioptre suivant d'indice $k+1$.

On peut par conséquent calculer le rapport des divergences sphériques à l'entrée du premier dioptre et à la sortie du dernier dioptre, en écrivant la série des relations suivantes, analogues à (1).

$$\begin{aligned} n_0^2 \quad d\omega_1 \cos\alpha_1 &= n_1^2\, d\omega'_1 \cos\alpha'_1, \\ n_1^2 \quad d\omega_2 \cos\alpha_2 &= n_2^2\, d\omega'_2 \cos\alpha'_2, \\ \ldots\ldots\ldots &\ldots\ldots\ldots, \\ n_{p-1}^2\, d\omega_p \cos\alpha_p &= n_p^2\, d\omega'_p \cos\alpha'_p, \end{aligned}$$

d'où l'on déduit

$$(2) \qquad \frac{d\omega'_p}{d\omega_1} = \left(\frac{n_0}{n_p}\right)^2 \frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha'_1} \frac{\cos\alpha_2}{\cos\alpha'_2} \frac{\cos\alpha_3}{\cos\alpha'_3} \cdot \cdot \frac{\cos\alpha_p}{\cos\alpha'_p}.$$

Une autre relation s'obtient en exprimant la conservation du flux dans le pinceau entre la face d'entrée et la face de sortie; en désignant par K le coefficient total de transmission, on écrira donc

$$(3) \qquad \mathrm{K}\, b_0\, d\omega_1 \cos\alpha_1\, d\sigma_1 = b_p\, d\omega'_p \cos\alpha'_p\, d\sigma_p.$$

Des deux relations (2) et (3) on tire le rapport des brillances sous l'une ou l'autre des deux formes suivantes :

$$(4) \qquad \frac{b_p}{b_0} = \mathrm{K} \frac{d\omega_1}{d\omega'_p} \frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha'_p} \frac{d\sigma_1}{d\sigma_p}$$

ou

$$(5) \qquad \frac{b_p}{b_0} = \mathrm{K} \frac{d\sigma_1}{d\sigma_p} \left(\frac{n_p}{n_0}\right)^2 \frac{\cos\alpha'_1 \ldots \cos\alpha'_{p-1}}{\cos\alpha_2 \ldots \cos\alpha_p}.$$

Suivant les cas on utilisera l'une ou l'autre de ces formules.

Quand on peut mesurer directement par un tracé ou par l'expérience les surfaces $d\sigma_1\, d\sigma_p$ et $d\omega_1\, d\omega_p$, la première formule peut être employée pour la détermination du coefficient de transmission K du système optique considéré. C'est ainsi qu'on peut, par exemple, en appliquant la formule (4),

mesurer le coefficient de transmission K d'un objectif ou appareil optique analogue. On isole par un diaphragme placé concentriquement à l'axe optique une surface circulaire sur la face antérieure de l'appareil, qui est éclairé d'autre part par une source d'éclairement bien uniforme, telle qu'un verre diffusant illuminé par derrière; dans ce cas, les angles α'_1 et α_2 sont égaux tous deux à zéro. Si l'on isole sur la surface diffusante par un diaphragme une aire très petite (par exemple 1^{mm} de diamètre), on peut mesurer à l'aide d'un cathétomètre le diamètre de la surface lumineuse de sortie. On connaît ainsi le rapport des deux aires $\frac{\sigma_2}{\sigma}$.

On peut, d'autre part, déterminer le rapport des deux divergences sphériques en plaçant contre les faces d'entrée et de sortie deux diaphragmes percés chacun d'un tout petit trou de 1^{mm} de diamètre, concentriques tous deux à l'axe optique et en limitant la surface lumineuse par un diaphragme de diamètre connu d. En recevant le faisceau émis sur un verre opalin placé à une autre distance connue l' on peut déterminer son diamètre d'. Le rapport des deux divergences sphériques est évidemment :

$$\frac{\omega'}{\omega} = \left(\frac{ld'}{l'd}\right)^2.$$

Dans le cas d'une lentille épaisse placée dans l'air, (5) devient

$$(6) \qquad \frac{b_2}{b_0} = \mathrm{K}\,\frac{d\sigma_1 \cos\alpha'_1}{d\sigma_2 \cos\alpha_2}.$$

La fraction du second membre n'est autre chose que le rapport des sections droites du pinceau à l'intérieur de la lentille au voisinage immédiat des deux dioptres.

Comme application, nous donnerons ci-dessous le calcul de la brillance de la face de sortie d'une lentille plan convexe de révolution éclairée par une source placée sur l'axe optique, à une distance f de la face plane; la face de sortie ayant d'autre part un profil stigmatique pour le foyer conjugué à l'infini.

En désignant par x et y les coordonnées cylindriques du point de sortie du rayon réfracté par la face de sortie, o et u les coordonnées correspondantes du point d'entrée du même rayon, ρ la longueur du parcours du rayon dans le verre, ds le petit élément découpé sur le profil du deuxième dioptre par le pinceau de rayons; nous pouvons prendre pour $d\sigma_1$ et $d\sigma_2$ les zones circulaires correspondantes $2\pi u\,du$ et $2\pi y\,ds$; d'où d'après (5)

$$\frac{b_2}{b_0} = \mathrm{K}\,\frac{u\,du}{y\,ds}\,\frac{\cos\alpha'_1}{\cos\alpha_2}.$$

Mais, d'autre part,

$$\frac{y}{u}\frac{ds}{du}\frac{\cos\alpha_2}{\cos\alpha'_1}=\frac{u+\rho\sin\alpha'_1}{u}\frac{du\cos\alpha'_1+\rho\,d\alpha'_1}{du\cos\alpha'_1}=\left(1+\rho\frac{\cos\alpha_1}{nf}\right)\left(1+\frac{\rho}{nf}\frac{\cos^3\alpha_1}{\cos^2\alpha'_1}\right),$$

en remplaçant u par $f\tang\alpha_1$ et $\sin\alpha'_1$ par $\frac{\sin\alpha_1}{n}$.

Il vient ainsi

$$(7)\qquad \frac{b_0}{b_2}=\frac{1}{K}\left(1+\frac{\rho}{nf}\frac{\cos^3\alpha_1}{\cos^2\alpha'_1}\right)\left(1+\frac{\rho}{nf}\cos\alpha_1\right).$$

α_1 et α'_1 sont les angles d'incidence et de réfraction au passage du premier dioptre appelés ordinairement i et r. Au second membre apparaît le rapport caractéristique $\frac{\rho}{nf}$ qui exprime l'influence de l'épaisseur par rapport à la distance focale [1].

On voit qu'on a toujours une brillance apparente à la sortie b_1 plus faible que celle de la source. Dans le cas particulier du rayon central ($i=0$) suivant l'axe de la lentille d'épaisseur e, la formule (7) se réduit à

$$(8)\qquad \frac{b_0}{b_2}=\frac{1}{K}\left(1+\frac{e}{nf}\right)^2=\frac{1}{K}\left(1+\frac{e}{1,53f}\right)^2;$$

dans le cas d'un verre d'indice 1,53 on aura ainsi :

Pour $\frac{e}{f}=\frac{1}{20}$	$\frac{b_2}{b_0}=0,938\,K$
» $=\frac{1}{10}$	$=0,88\,K$
» $=\frac{1}{5}$	$=0,782\,K$
» $=0,718$	$=0,44\,K$

---

(1) Dans le cas où le point foyer conjugué d'où l'on mesure b_2 est à l'infini, et si l'on appelle θ l'angle formé avec l'axe optique par le rayon incident le plus éloigné (2θ étant l'ouverture totale de la lentille), on sait que, pour le profil *stigmatique*,

$$(9)\qquad x=f\left(\frac{1}{\cos\theta}-\frac{1}{\cos i}\right)\frac{\cos r}{n-\cos r},$$

d'où, en substituant et tenant compte de $x=\rho\cos r$,

$$(10)\quad b_0=b_2\left[1+\frac{\cos i}{n(n-\cos r)}\left(\frac{\cos i}{\cos\theta}-1\right)\right]\left[1+\frac{\cos^2 i}{n\cos^2 r(n-\cos r)}\left(\frac{\cos i}{\cos\theta}-1\right)\right].$$

Pour $\theta=45°$, $\frac{e}{f}=0,78$.

Les formules (5), (6), (7), (8) sont réversibles et par conséquent s'appliquent si l'on intervertit les positions de la source et de l'œil; au lieu d'un affaiblissement de brillance on constatera un accroissement. Dans le cas de la lentille stigmatique pour l'infini on emploiera comme source un écran diffusant uniformément éclairé.

La formule (5) est applicable aussi à un projecteur en verre argenté parabolique, ou Mangin, en déterminant sur l'épure les sections droites du pinceau élémentaire intérieur, au voisinage de la surface antérieure; le rapport $\frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha}$, relatif à la surface réfléchissante, est forcément égal à l'unité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cémentation du cuivre et de ses alliages par l'aluminium.* Note de M. **Léon Guillet**.

J'ai poursuivi l'étude de la généralisation de la cémentation dont j'ai communiqué [1] les premiers résultats, par des recherches sur la cémentation du cuivre et de ses alliages par l'aluminium.

Partant du même principe que celui utilisé dans la cémentation par l'étain, j'ai utilisé comme cément l'alliage Al-Cu à 20 pour 100 Al. Ce cément pulvérisé était additionné de 5 pour 100 de son poids de chlorure d'ammonium.

Première série d'essais sur le cuivre. — Sur le cuivre même nous avons obtenu les résultats suivants :

Température de l'opération.	Durée de l'opération.	Pénétration.	Constitution en surface.
800°	8 heures	0,3 mm	Sol. $\alpha+\beta$ des Cu-Al
800	16 »	0,5	»
800	24 »	0,6	»
700	48 »	0,25	Sol. α.

De plus la dureté caractérisée par le scléroscope Shore a été déterminée sur le cuivre cémenté à 800°, durant 24 heures, cela sur le produit cémenté et sur le produit cémenté et trempé à 800° dans l'eau. Après ce traitement, la structure superficielle est martensitique, ainsi que le faisait prévoir le résultat obtenu sur les cupro-aluminium $\alpha+\beta$:

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1363.

Hauteur de rebondissement sur métal.

Cémenté		Cémenté et trempé.	
en surface.	au centre.	en surface.	au centre.
15	10	20	9
16	9	19	8
15	9	19	8

L'utilité de la présence du chlorure d'ammonium est démontrée par les deux expériences suivantes :

Température de l'opération.	Durée de l'opération.	Addition de Am Cl.	Pénétration.	Constitution en surface.
			mm	
750°	6 heures	0	0,1	Sol. α
750°	6 »	5 %	0,3	$\alpha + \beta$

Ceci semblerait démontrer que le chlorure d'aluminium pouvant se former serait l'agent réel de la cémentation.

L'expérience suivante contredit cette hypothèse :

Un cylindre de cuivre a été chauffé à 800° dans les conditions suivantes : placé verticalement le cylindre était entouré sur la moitié de sa hauteur de cément additionné de Am Cl, l'autre partie était entourée de bourre d'amiante non comprimée. Aucune cémentation n'a été observée sur cette dernière partie de l'échantillon; le contact avec le cément est nécessaire et le chlorure d'ammonium paraît jouer surtout le rôle d'agent de décapage.

Dans ces opérations, j'ai toujours noté un inconvénient extrêmement gênant dans la pratique industrielle : une couche plus ou moins importante de cément adhère à la surface des pièces. L'adjonction d'un produit inerte, comme l'alumine, en dose assez importante (20 pour 100 en poids) atténue cet ennui, sans le faire entièrement disparaître. En outre la vitesse de pénétration est singulièrement diminuée :

Température de l'opération.	Durée de l'opération.	Addition. de Al^2O^3.	Pénétration.
			mm
800°	15 heures	0	0,2
800°	15 »	20 %	0,5

Le four tournant remédiera peut-être à cet inconvénient, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment.

Deuxième série d'essais sur les alliages de cuivre. — Le tableau suivant résume les résultats obtenus avec les différents alliages de cuivre, toutes

les opérations étant caractérisées par une durée de 48 heures à la température de 700°.

Alliages utilisés.		Pénétration.	Hauteur de rebondissement sur métal				Dureté à la bille sur métal		Constitution en surface.
			cémenté-cémenté		cémenté-trempé		cémenté-non trempé		
			au centre.	en surface.	au centre.	en surface.	au centre.	en surface.	
	pour 100	mm							
ton à Cu	= 67...	0,80	11	28	11	27	55	114	$\alpha + \beta$ des laitons
ton à Cu	= 60...	1,05	17	22	21	21	81	105	augmentation de β
-nze à Cu	= 90...	0,85	20	24	20	26	76	81	martensite
nze à Cu	= 84...	1,65	26	28	25	28	155	110	$\alpha + \beta$ des Cu — Al
ronickel à Ni	= 20...	0,22	15	23	15	23	77	86	couche attaquant facilement et uniformément.
illechort à Cu = 60... » à Ni = 20...		1,33	23	17	23	20	135	64	constituant spécial

On note le durcissement assez net de la plupart des alliages; mais on remarque que le maillechort et le bronze renfermant 84 pour 100 de cuivre sont adoucis et que le bronze à Cu=90 devient martensitique. Enfin, un essai sur le nickel a donné une pénétration très faible et très irrégulière et sans amélioration intéressante des propriétés.

D'autres opérations ont été faites à des températures plus élevées, notamment à 800°. On obtient des pénétrations bien plus profondes, souvent doublées, pour la même durée de l'opération.

Ces recherches mettent en vue une méthode intéressante de durcissement du cuivre et de certains de ses alliages, notamment des laitons; certaines de ces cémentations ne donnent les résultats optima que si l'opération est suivie d'une trempe, ce qui rapproche singulièrement le procédé de celui couramment utilisé pour les aciers. Toutefois, le procédé ne peut devenir d'utilisation courante que si l'on arrive à vaincre la difficulté déjà signalée de l'adhérence du cément aux pièces.

Je tiens à signaler que toutes mes recherches en vue de cémenter l'aluminium par le cuivre ont échoué jusqu'à maintenant; l'aluminium fondant à 650°, on doit agir à température basse ; et cependant il y aurait là, surtout en trempant le produit cémenté, une méthode fort intéressante pour durcir l'aluminium et lui donner les qualités requises pour un métal de frottement.

Je poursuis toutefois de nouveaux essais.

MÉDECINE. — *Fièvre récurrente transmise à la fois par ornithodores et par poux.* Note de MM. CHARLES NICOLLE et CHARLES ANDERSON.

I. Les petites épidémies de fièvre récurrente de l'Afrique Mineure, en particulier celles de la Tunisie, ont presque toujours pour origine la région présaharienne.

Ce fait avait frappé l'un de nous dès ses premières recherches sur la fièvre récurrente. Bien que l'expérimentation lui eût fourni la preuve éclatante du rôle du pou dans la transmission de la maladie, il émit l'hypothèse que, peut-être, en dehors du pou, agent de dissémination des épidémies, il pouvait exister, dans les foyers d'origine présaharienne, un agent de conservation du virus. La fièvre récurrente du centre de l'Afrique (fièvre des tiques) reconnaît pour agent de transmission un ornithodore (*O. moubata*). Il était logique de chercher s'il n'existait pas, dans le sud tunisien, un autre acarien susceptible de transmettre le virus de la spirochétose nord-africaine. *Ornithodorus Savignyi*, très voisin d'*O. moubata* et commun dans la région méridionale de la Régence, devait être naturellement suspecté. Dans une première série d'expériences réalisée en 1912, dans une seconde inédite, menée récemment par les deux auteurs de cette Note, des *O. Savignyi*, nourris sur des singes infectés par le virus récurrent, se montrèrent incapables de transmettre la maladie à des singes neufs.

II. M. Sadi de Buen a signalé, cette année même, l'existence en Espagne d'une fièvre récurrente d'un type un peu spécial qui ne lui a pas paru se transmettre naturellement par les poux et dont il a reconnu, par des expériences démonstratives, que l'agent de transmission était un ornithodore (*O. marocanus* ou espèce voisine). Essayant d'autre part la transmission expérimentale au moyen de poux, M. Sadi de Buen a échoué.

L'hypothèse que nous avons signalée plus haut devait nous amener à répéter les essais de M. de Buen. Nous avons pu nous procurer quelques ornithodores d'origine espagnole, infectés du nouveau virus. Il nous a été aisé de reproduire, avec ces ornithodores, la maladie expérimentale chez un macaque (bonnet chinois).

Deux lots de poux ont été nourris sur ce singe pendant son infection ; le premier a fait trois repas virulents, le second deux; ensuite les poux des deux lots ont été nourris sur un singe neuf. 21 de ces poux ont été examinés à l'ultramicroscope aux 8^e et 9^e jours de l'expérience. Chez aucun, la

présence de spirochètes visibles n'a été reconnue. Le produit de broyage de ces poux a, cependant, été inoculé sous la peau ou déposé à la surface de la conjonctive d'un macaque (*rhesus*). Dix jours après la première inoculation (neuf après la dernière), ce singe a présenté une élévation thermique avec présence de spirochètes dans le sang. Fièvre et infection ont duré plusieurs jours.

Cette expérience démontre que, contrairement à la conclusion de M. de Buen (qui avait opéré non sur des singes, mais sur des rats, animaux infiniment moins sensibles), la fièvre récurrente espagnole peut être transmise expérimentalement par les poux aussi bien qu'elle l'est par les ornithodores.

III. La fièvre récurrente espagnole nous offre donc l'exemple hautement intéressant d'une spirochétose humaine [1], susceptible d'être transmise par deux invertébrés très différents, puisque l'un est un acarien, l'autre un insecte aptère. Si l'on réfléchit que, chez chacun de ces deux hôtes vecteurs, le spirochète doit subir une évolution, le fait apparaît comme particulièrement instructif.

Il est, à un autre point de vue, d'une portée générale très grande. La fièvre récurrente espagnole avec ses deux agents de transmission vient se placer entre la fièvre des tiques que, seul, un ornithodore transmet et la récurrente mondiale que transmet le pou. Elle paraît plus près de la fièvre des tiques que de la récurrente mondiale. Si notre hypothèse venait à être démontrée, la récurrente nord africaine se placerait au voisinage de l'espagnole, plus près qu'elle de la récurrente ordinaire. Quoi qu'il en soit, on se rend compte aujourd'hui que toutes les récurrentes se tiennent. Transmis d'abord uniquement par l'ornithodore, leurs spirochètes ont, à titre accidentel, infecté le pou; puis, l'infection du pou devenant plus aisée, ils se sont conservés et transmis uniquement par lui. Ce changement d'hôte a fait d'une infection endémique, attachée au sol du centre africain, une maladie épidémique mondiale, ainsi qu'il convient lorsque l'agent transmetteur de la maladie est un parasite de la peau de l'homme, sujet aux mêmes déplacements que celui qui le porte.

---

[1] Manteufel aurait réussi (en 1908) à transmettre une *fièvre récurrente russe* au moyen d'*Ornithodorus moubata*. Le fait n'a pas été confirmé.

NOMINATIONS.

MM. **Émile Picard**, **Lallemand**, **Bourgeois**, **Ferrié**, **Perrier** sont désignés pour représenter l'Académie à la session extraordinaire du *Conseil international de recherches* qui se tiendra à Bruxelles, le 29 juin 1926.

ÉLECTIONS.

Par 40 suffrages contre 14 à M. *Serge Bernstein*, M. **N. E. Nörlund** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie en remplacement de M. *Cl. Guichard*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la *Chaire de Zoologie* (*Mammalogie*) déclarée vacante au *Muséum national d'histoire naturelle*.

(Renvoyé à la section d'anatomie et zoologie).

M. **Victor Grignard**, élu Membre non résidant, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Pierre Weiss** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *G. Gouy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Madagascar et dépendances*, carte au 1/1000000e en trois feuilles, dressée par G. Grandidier, avec la collaboration de J. Hansen.

2° *Carte de la Colonie du Tchad* et 4 *cartes économiques de l'Afrique équatoriale française*, dressées par A. Meunier.

3° Eugène Richard. *Alphonse Laveran* (1845-1922) (*Genèse et conséquences d'une découverte*). (Présenté par M. E. Roux.)

4° *Études et Notes de médecine exotique* (1924-1925), par G. Delamare. (Présenté par M. H. Vincent.)

5° *Le salaire moderne. Sa formule générale. Son équation de dimension. Quelques résultats industriels*, par F. Bayle. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de Voss-Guichard.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Les équations aux dérivées partielles que je donne à la page 1312 de ce même Tome pour obtenir les coefficients E, F, G du ds^2 des surfaces de Voss-Guichard peuvent être étudiées ainsi : X et Y étant l'arc des géodésiques, v ou u constante, on a

$$\text{(1)} \qquad E=\left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2, \qquad F=\frac{\partial X}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v}=\frac{\partial Y}{\partial u}\frac{\partial Y}{\partial v}, \qquad G=\left(\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2,$$

et les deux fonctions inconnues X, Y s'obtiennent par le système où U est fonction de u seul et V de v seul

$$\text{(E)} \qquad \frac{\partial^2 \omega}{\partial u \partial v}=UV\sin\omega\cos\omega,$$

$$\text{(E}_1\text{)} \qquad \frac{\partial X}{\partial v}=\cos 2\omega\frac{\partial Y}{\partial v}, \qquad \frac{\partial Y}{\partial u}=\cos 2\omega\frac{\partial X}{\partial u}.$$

L'équation (E) est classique : la détermination de la surface générale Σ à courbure totale constante en dépend; la surface V de Voss correspond à Σ par plans tangents parallèles, les géodésiques (u, v) de V étant les homologues des asymptotiques de Σ; au point (u, v) la tangente à la géodésique (u) est parallèle à la tangente de l'asymptotique (v). La forme quadratique

$$\text{(2)} \qquad t^2 U^2 du^2+\frac{V^2}{t^2}dv^2\pm 2UV\cos 2\omega\, du\, dv$$

donne, avec le signe +, puis le signe −, l'élément linéaire de Σ puis de la représentation sphérique commune de V et Σ; il en résulte, comme l'a fait remarquer M. Bianchi ([1]), que la déformation étudiée ici de V correspond à la transformation de Bonnet-Lie de Σ.

On doit toutefois remarquer que cette transformation peut s'envisager à deux points de vue distincts : dans l'un le ds^2 des surfaces Σ et de leur représentation sphérique sont

$$\text{(3)} \qquad du^2+dv^2\pm 2\cos\omega\left(\frac{u}{t}, vt\right) du\, dv.$$

([1]) *Géométrie différentielle*, 2, 3e édition, p. 34-36 et 83-85.

Au cours de la variation de la constante t, les asymptotiques se correspondent par arcs égaux et la division de Σ en losanges de même côté l par les asymptotiques subsiste, l'angle des losanges variant; les lignes de courbure se correspondent. Ici c'est au contraire la forme (2) qui est utilisée : les asymptotiques se correspondent, mais non plus les lignes de courbure; l'angle des asymptotiques est conservé, les arcs d'une série sont multipliés par t, ceux de l'autre par $\frac{1}{t}$; les aires sont conservées. La surface (t) et la surface (ti), par exception, ont leurs lignes de courbure en correspondance : elles sont transformées d'Hazzidakis l'une de l'autre et les surfaces de Voss correspondantes adjointes.

2. Supposant X et Y fonctions de $u+v$, on n'a plus qu'une équation *différentielle* d'ordre 2 à intégrer pour obtenir les surfaces V révolutives, hélicoïdales ou applicables sur une surface de révolution : pour les deux premières séries, Σ est révolutive ou hélicoïdale; si l'on connaît toutes les surfaces Σ de ces deux séries, il faut bien remarquer qu'à une telle surface Σ correspondent des surfaces V dépendant de deux fonctions arbitraires d'une variable, tandis que les surfaces V révolutives ou hélicoïdales correspondantes ne dépendent que de deux constantes et la méthode suivie ici m'a permis de les extraire.

Pour la troisième série, chaque surface V coïncide, dans son ensemble, avec l'une quelconque de ses associées, et la surface Σ est invariante, dans son ensemble, par la transformation de Bonnet Lie. Je donne la méridienne des surfaces de révolution *réelles* en exprimant r, z au moyen de la fonction px de Weierstrass $(x=u+v)$

$$r=\sqrt{\frac{(e_3-e_1)(p-e_1)}{e_3-e_2}}, \qquad \frac{dz}{dx}=\sqrt{\frac{e_1-e_2}{e_3-e_2}}(p-e_3).$$

Pour la dernière série j'ai à intégrer l'équation différentielle du second ordre

$$\omega''=e^x \sin\omega\cos\omega,$$

où ω ne dépend que de x, dont je n'ai pas aperçu d'intégrale première.

3. Pour les surfaces réglées, pour les surfaces minima, pour les surfaces de Voss, si S_1, S_2, S sont trois surfaces *associées*, tout élément géométrique φ, exprimé d'une façon linéaire et homogène en D, D′, D″ $\left(\frac{\cos\theta}{R}, \frac{1}{T}-\frac{d\theta}{ds}, \cot\theta\right.$ pour une courbe, courbure moyenne en un point$\left.\right)$ a une loi de

variation très simple exprimée par la même loi linéaire que pour D

$$\varphi = h\varphi_1 + k\varphi_2.$$

En particulier, si S_1 et S_2 sont adjointes, R et T, relatifs à une géodésique u, donnent

$$\frac{1}{R} = \frac{e^{-i\alpha}}{R_1}, \qquad \frac{1}{T} = \frac{e^{-i\alpha}}{T_1}, \qquad \frac{T}{R} = \tang 2\omega,$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rectification à propos de la Note : Sur les polynomes de Tchebichef.* Note de M. **Gaston Julia.**

J'ai indiqué au paragraphe 1 de ma Note : *Sur les polynomes de Tchebichef* (1) une propriété, que je croyais entièrement nouvelle, des polynomes d'approximation de Tchebichef π relatifs à une fonction $f(z)$ de la variable complexe z, continue sur une courbe rectifiable C du plan z, ouverte ou fermée, ou dans un domaine D quarrable. Le polynome π de degré n est la limite, pour $k = +\infty$, du polynome P unique de degré n qui rend minimum la moyenne d'ordre k, sur C, ou dans D, de la différence $|f - P|$. M. Fréchet vient de me faire connaître que M. D. Jackson a déjà démontré cette propriété pour les fonctions de variable réelle dans le cas où C est un segment d'axe réel (divers Mémoires dans *Transactions of the American Mathematical Society*, 1921, 1923, 1924). M. G. Polya, d'autre part, m'a signalé une Note qu'il a publiée dans les *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 840, dans laquelle il établit la propriété précédente pour les indices k entiers et pairs, $f(x)$ étant continue et réelle, sur un segment d'axe réel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$ qui sont de la première classe.* Note de M. **E. Lainé**, présentée par M. Goursat.

Dans sa réponse (2) à ma Note précédente (3), M. Gosse applique, par inadvertance, à l'équation (E_1)

$$(E_1) \qquad s = p\left(\frac{q^{\frac{1}{2}} + q}{z - y} + \frac{q}{z - x}\right)$$

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1203.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1264.
(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1127.

les conclusions de l'étude qu'il a faite dans son Mémoire (¹), des équations

$$s = p\,\theta(x, y, z, q)$$

qui sont de la première classe. Cette étude ne s'applique pas à l'équation (E_1), parce que cette équation admet un invariant du second ordre pour le système X de caractéristiques.

J'ai d'ailleurs obtenu, pour cette équation, un invariant du troisième ordre, relativement au système Y de caractéristiques. Cet invariant a pour expression

$$\frac{q_3 - \dfrac{q_2^2}{2q_1} - q_2\dfrac{1 + 5q_1^{\frac{1}{2}} + 4q_1}{z-y} - \dfrac{2q_1 + 2q_1^{\frac{3}{2}} - 6q_1^2 - 10q_1^{\frac{5}{2}} - 4q_1^3}{(z-y)^2}}{q_2 - 2\dfrac{q_1 + 2q_1^{\frac{3}{2}} + q_1^2}{z-y}}.$$

Conformément au théorème général de M. Gau, les équations

$$q_3 - \frac{q_2^2}{2q_1} - q_2\frac{1 + 5q_1^{\frac{1}{2}} + 4q_1}{z-y} - \frac{2q_1 + 2q_1^{\frac{3}{2}} - 6q_1^2 - 10q_1^{\frac{5}{2}} - 4q_1^3}{(z-y)^2} = 0$$

et

$$q_2 - 2\frac{q_1 + 2q_1^{\frac{3}{2}} + q_1^2}{z-y} = 0$$

sont en involution avec l'équation (E_1), comme on peut le vérifier directement.

Ainsi, et cette propriété me paraît de nature à modifier les conclusions de M. Gosse, l'équation (E_1) est de la première classe. Elle offre en outre un exemple simple d'une particularité signalée par M. Goursat dans la remarque qui termine son second Mémoire (²) : alors que, pour le système Y, son invariant d'ordre minimum est d'ordre 3, elle admet néanmoins une involution d'ordre 2.

(¹) *Annales Faculté sciences Toulouse*, 3e série, 16, 1924, p. 214.
(²) *Annales Faculté sciences Toulouse*, 2e série, 1, 1899, p. 462.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la formation des tubes luminescents à l'hélium.* Note (¹) de M. **Jacques Risler**, transmise par M. Daniel Berthelot.

On sait que la formation des tubes luminescents aux gaz rares est particulièrement délicate en raison de la nécessité d'éliminer les impuretés et d'isoler le gaz définitif.

Dans la pratique il y a lieu tout d'abord, avant même la construction de la lampe, d'absorber autant que possible les gaz occlus à l'intérieur du métal constituant les électrodes. Pour obtenir ce résultat on commencera avant la fixation définitive sur la lampe ou le tube, par fixer les électrodes face à face dans un manchon de verre relié à la canalisation à vide et à la pompe; on branchera ensuite les deux électrodes aux bornes d'un transformateur de haute tension, et l'on les soumettra à des décharges électriques d'intensité croissante jusqu'au noircissement du verre obtenu par démétallisation. On brise ensuite le manchon de verre et on décape les électrodes à l'alcool après les avoir fait rougir à la flamme du chalumeau.

On élimine alors les gaz occlus à l'intérieur du verre en chauffant les parois à l'aide d'un courant électrique d'un régime supérieur au régime normal d'alimentation de la lampe; les gaz dégagés sont absorbés par la pompe.

Le vide cathodique ayant été atteint et la décharge électrique ne pouvant plus vaincre la résistance du vide, on procède à l'introduction de l'hélium; c'est à ce moment que se présentent les plus sérieuses difficultés techniques: en effet une certaine quantité de vapeur s'est mélangée à l'hélium par suite de sa conservation sur l'eau; d'autre part des impuretés nouvelles provenant des robinets ou des vannes à mercure provoquent l'introduction, dans l'enceinte de la lampe, d'une certaine quantité de vapeur de graisse ou d'huile. On relève au spectroscope la présence d'hydrogène, d'azote et d'acide carbonique.

La méthode la plus simple pour éliminer tous ces gaz ou vapeurs consiste à placer sur la canalisation à vide un fragment de charbon de bois fonctionnant en raison de son pouvoir absorbant à basse température. Dans la pratique on réalisera cette basse température à l'aide de neige carbonique dans l'acétone (— 78°); on condensera ainsi sans peine les vapeurs de

(¹) Séance du 10 mai 1926.

mercure, de graisse, etc., dont la tension de vapeur est insignifiante à la température de la neige carbonique.

A cette température (— 78°) 1g de charbon de bois absorbe environ, d'après nos vérifications :

	cm³
H	55
Az	95
O	130
CO^2	145
He	5
Ne	6

Ces mesures s'accordent, d'une manière satisfaisante avec celles déjà faites à des températures beaucoup plus basses (—185°, air liquide) par divers observateurs (Dusham, G. Claude, pour l'obtention industrielle du néon).

Pour parfaire le vide sélectif et isoler tout à fait l'hélium, on introduira, pour plus de sécurité, à l'autre extrémité de la canalisation un double système d'absorbants contenant PO^5 et CO^2 solide et un gros filament de tungstène porté au rouge.

Une autre méthode de séparation de l'hélium consiste dans l'absorption sélective des gaz par les métaux alcalins et alcalino-terreux. Cette absorption, signalée par Moissan et étudiée particulièrement par Soddy, donne lieu à une combinaison de l'azote avec formation d'azotures; en réalité il y a absorption complète de tous les gaz, hélium, néon, argon exceptés. Dans la pratique, nous avons utilisé cette curieuse propriété des métaux alcalins et alcalino-terreux de la façon suivante : La lampe ayant été fixée sur la canalisation à vide et soigneusement purgée, on branche à son niveau une électrode auxiliaire constituée par un creuset métallique contenant une quantité quelconque de métal alcalin ou alcalino-terreux (sodium, potassium ou baryum); l'une des électrodes principales et l'électrode auxiliaire ayant été branchées en dérivation, le métal s'introduit dans la lampe à l'état de vapeur sous le passage du courant. On met alors la pompe en marche pendant un court instant, puis on introduit l'hélium progressivement. Automatiquement les gaz étrangers disparaissent; on voit en effet au spectroscope la raie 5875,6 augmenter d'intensité et le spectre de l'hélium apparaître en entier avec netteté.

On laisse le tube fonctionner ainsi. En une heure, 1g de sodium et 1g de calcium absorbent d'après nos constatations :

	1g sodium.	1g calcium.
	cm³	cm³
H	125	130
Az	135	140
CO^2	175	165
He	4	4
Ne	6	5

Dans tous les cas il y a absorption totale de tous les gaz autres que les gaz rares.

Cette méthode offre un réel avantage par suite de sa simplicité.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une méthode nouvelle pour mesurer l'absorption du rayonnement* β *et* γ *de corps radioactifs.* Note (¹) de M. **D.-K. Yovanovitch** et Mlle **A. Dorabialska**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour étudier l'absorption des rayons β et γ on utilise d'ordinaire une méthode, qui consiste à mesurer l'ionisation provoquée par l'énergie restante des rayons qui ont traversé successivement plusieurs couches de matière. La méthode que nous avons employée dans ce travail préliminaire consiste, au contraire, à mesurer par la voie calorimétrique l'énergie retenue par la matière elle-même sous forme de chaleur. A l'aide d'un calorimètre sensible et peu absorbant, nous avons pu tracer dans divers métaux des courbes d'absorption, d'après lesquelles on peut calculer le coefficient global d'absorption des rayons β.

Le calorimètre construit par l'un de nous a été décrit précédemment (²).

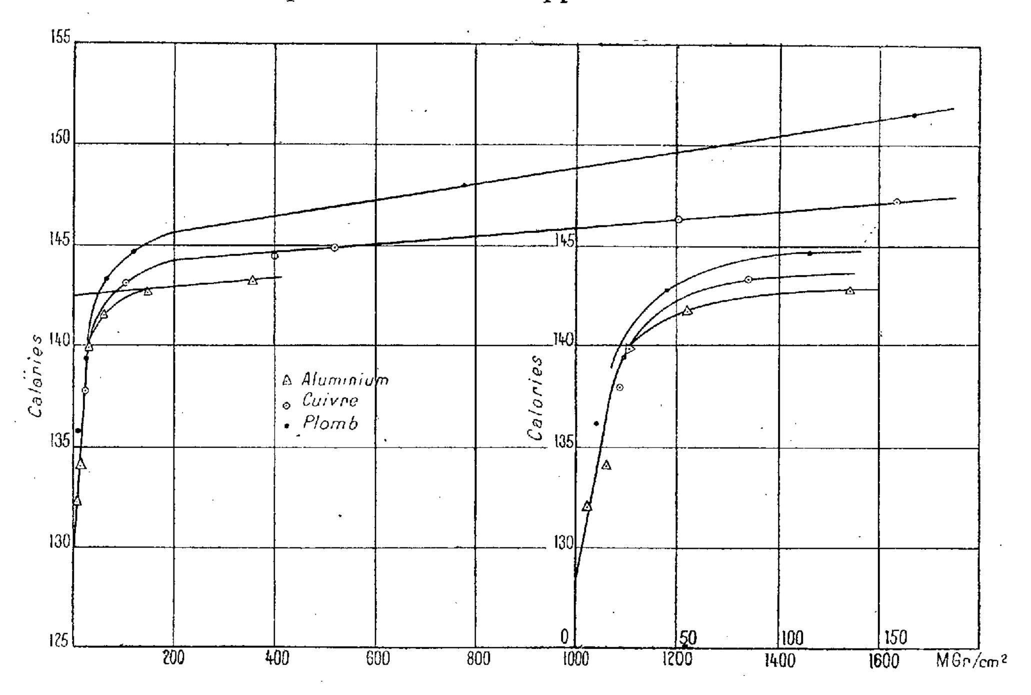
La *source* de rayons était une ampoule contenant 27mg,52 de Ra-élément (longueur 18mm, épaisseur 3mm,5). Cette ampoule était successivement placée à l'intérieur d'écrans de métal cylindrique d'épaisseur connue et l'énergie calorifique due à l'absorption des rayons β et γ par une épaisseur croissante de matière a été soigneusement mesurée par la méthode décrite. L'épaisseur des enveloppes utilisées a pu atteindre 2mm.

Les *résultats* des mesures réunis dans les courbes suivantes montrent l'allure de l'absorption dans trois métaux (Al, Cu, Pb). En abscisse on a

(¹) Séance du 7 juin 1926.

(²) D. K. Yovanovitch, *Comptes rendus*, 179, 1924 p. 163. Une étude étendue sur cet appareil sera donnée prochainement.

porté les valeurs de $\frac{m}{s}$ (masse de l'écran par centimètre carré), en ordonnée les débits calorifiques en calories rapportés à 1^g de Ra-élément et à



1 heure. On a en première approximation

$$q = Q_\beta\left(1 - e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}}\right)$$

où q est l'excès du débit de chaleur mesuré sur celui dû aux rayons α, et $Q_\beta = 13^{cal},4$ est le débit de chaleur dû à la totalité des rayons β. On en déduit le coefficient moyen d'absorption $\frac{\mu}{\rho}$ pour les rayons β du radium en prenant pour Q_β la valeur résultant de l'intersection de l'axe des ordonnées avec la partie rectiligne prolongée de la courbe obtenue avec aluminium. On trouve ainsi pour $\frac{\mu}{\rho}$ la valeur 51,02. Cette valeur sera augmentée si l'on utilise pour le même but les courbes de Cu et de Pb. Cependant les courbes relatives aux trois métaux sont voisines jusqu'à $\frac{m}{s} = 0,02$ ce qui semble montrer que les valeurs moyennes de $\frac{\mu}{\rho}$ pour les rayons β ne sont pas très différentes. La valeur extrapolée pour le débit de chaleur du radium sans

enveloppes métalliques a été trouvée environ 129^{cal}. Cette valeur est plus élevée que celle jusqu'ici indiquée pour le débit de chaleur des rayons α du radium.

RADIOACTIVITÉ. — *Absorption du rayonnement pénétrant de l'Ac en équilibre avec ses dérivés.* Note de M. **Frilley**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour caractériser les corps radioactifs, on utilise souvent la courbe d'absorption de leur rayonnement pénétrant. Cette courbe représente le logarithme de l'intensité du courant d'ionisation produit par ce rayonnement dans une chambre impénétrable aux rayons α, en fonction de l'épaisseur x ou de la masse par centimètre carré des écrans absorbants.

Pour certains groupes de rayons β ou γ, et dans les conditions ordinaires d'expérience où le rayonnement est utilisé dans un angle solide assez grand, la courbe $\log i = f(x)$ est une droite de pente $-\mu$; μ est le coefficient d'absorption de ce rayonnement dans le corps absorbant considéré. Dans d'autres cas, la pente de la courbe décroît (en valeur absolue), pour les valeurs croissantes de x, ce qui fait présumer la présence de plusieurs groupes de rayons, d'où un effet de filtration du rayonnement.

La courbe d'absorption dans l'Al du rayonnement pénétrant de l'Ac, en équilibre avec ses dérivés, présente, au contraire, après un début rectiligne, une augmentation de pente et d'une deuxième partie droite. Après $1^{mm},5$ d'Al, commence un effet normal de filtration (*fig.* 1, A). Des anomalies de même forme, dues à des effets secondaires, se manifestent, il est vrai, avec divers rayonnements pénétrants, mais pour des épaisseurs très faibles d'absorbants. Ainsi, cet effet a été observé (1) pour des épaisseurs inférieures à $0^{mm},05$ d'Al, avec le rayonnement de l'Ac, et c'est seulement vers $0^{mm},5$ que se présente la courbure anormale que je viens de signaler.

Diverses préparations d'Ac et d'Ac X, à des distances de la chambre variant de 2 à 5^{cm}, avec écrans sur la source ou contre la chambre, ont donné les mêmes résultats. La cause de l'anomalie n'est donc pas la diffusion supposée par O. Hahn et L. Meitner (2), qui n'avaient observé que le début de la courbure. C'est plutôt la structure du rayonnement prépondérant

---

(1) Kovarik, *Phil. Mag.*, 6e série, 20, 1910, p. 849.

(2) Hahn et Meitner, *Phys. Zeits.*, 9, 1908, p. 697.

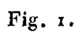


Fig. 1.

× Courbe A
∘ Courbe B

$\log \frac{i}{i_0}$ — $\frac{gr}{cm^2}$

Fig. 2.

C, Al, Cu, Ag, Au

$\log \frac{i}{i_0}$ — $\frac{m}{S}(105+N)$

(celui de AcC″), formé d'un petit nombre de raies ([1]), qui différencie ce rayonnement et ceux de vitesses voisines, formés de bandes, comme celui du RaE.

La première partie droite de la courbe semble être la superposition de la courbure anormale (qui peut être due à un parcours limite de groupes de rayons très homogènes), et d'un effet de filtration normal sur les rayons les plus mous. La courbe d'absorption dans l'Al du rayonnement filtré par $0^{mm},5$ d'Ag (*fig.* 1, B), ne présente en effet qu'une seule partie droite, celle qui coïncide avec la deuxième partie de la courbe ordinaire (*fig.* 1, A).

C'est l'étude de l'absorption dans divers éléments qui suggère cette expérience : l'anomalie apparaît dans les éléments légers Al, C, et est masquée par un effet de filtration plus accentué dans Cu, Ag, Au (*fig.* 2). Ceci conduit à préférer au coefficient d'absorption dans Al, précédemment admis, déduit de la première droite, celui de la deuxième qui ne change pas après la filtration. En déduisant des intensités celle des rayons γ les plus pénétrants extrapolée (*fig.* 1, C), on obtient pour le rayonnement β de AcC″ le coefficient $\mu = 44,5\ \text{cm}^{-1}$, le coefficient sans correction étant 34,0.

J'ai appliqué au rayonnement de l'Ac la loi $\frac{\mu}{\rho} = b(105 + N)$, applicable aux rayons β ([2]), en traçant avec les coordonnées $\log\frac{i}{i_0}$ et $\frac{m}{s} \times (105 + N)$ les courbes dans divers absorbants. Elles devraient ainsi être toutes parallèles. Elles montrent en réalité une déformation progressive en fonction de N, et après s'être séparées au début, prennent des directions à peu près parallèles rectilignes, suivies d'un effet de filtration des rayons γ très pénétrants (*fig.* 2). Cette comparaison est d'ailleurs favorable au choix du coefficient déterminé ci-dessus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les actions superficielles.* Note ([3]) de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai, dans une Communication récente ([4]), montré que l'addition d'un électrolyte dans des solutions savonneuses, à dose insuffisante pour provoquer le relargage, augmente la quantité de savon fixée par adsorption à

(1) Hahn et Meitner, *Zeits. f. Phys.*, 34, 1925, p. 795.

(2) Mme Lattès et G. Fournier, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1135.

(3) Séance du 3 mai 1926.

(4) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1217.

la surface de contact de l'eau et de la benzine. Il est naturel d'admettre que ce doit être là un phénomène général et que des particularités analogues peuvent être observées lorsque le corps adsorbant est solide. Les démonstrations expérimentales sont particulièrement frappantes dans le cas des solutions de matières colorantes qui peuvent, elles aussi, être précipitées par un électrolyte.

J'ai utilisé successivement comme corps adsorbants le sable siliceux, le kieselguhr, l'amiante, le coton, et comme matières adsorbées : le bleu de méthylène, le bleu nuit, le rouge Congo, le méthylorange et l'alizarine viridine. La quantité adsorbée était mesurée par colorimétrie, en comparant les intensités de coloration des liqueurs avant et après contact avec le corps solide. Des expériences analogues ont été répétées avec des solutions additionnées de 0,5 pour 100 de chlorure de sodium.

Dans le tableau suivant, je désigne par $\frac{I}{I'}$ le rapport des intensités de coloration pour la solution adsorbée et la solution primitive; le rapport $\frac{J}{J'}$ a la même signification dans le cas des liqueurs salées.

	$\frac{I}{I'}$.	$\frac{J}{J'}$.
1g de kieselguhr pour 100cm³ de bleu de méthylène...	$\frac{6,4}{40}$	$\frac{3,5}{40}$
1g de coton pour 100cm³ de bleu de méthylène........	$\frac{16,8}{30}$	$\frac{10,2}{30}$
1g d'amiante pour 50cm³ de bleu de méthylène........	$\frac{21,3}{30}$	$\frac{10,4}{30}$
1g d'amiante pour 100cm³ de rouge Congo...	$\frac{17,4}{20}$	$\frac{13,3}{20}$
1g d'amiante pour 50cm³ d'orangé n° 3.............	$\frac{13,1}{30}$	$\frac{7,95}{30}$
1g de kieselguhr pour 20cm³ d'orangé n° 3..........	$\frac{10,0}{30}$	$\frac{4,9}{30}$
1g d'amiante pour 100cm³ de bleu de nuit...........	$\frac{15,8}{20}$	$\frac{7,2}{20}$
10g de sable pour 25cm³ de bleu de nuit......	$\frac{12,8}{20}$	$\frac{3,6}{20}$

L'accroissement de l'adsorption provoqué par l'addition de chlorure de sodium est donc manifeste. On peut, d'ailleurs, d'une façon qualitative, mettre cette action en évidence par une méthode très simple. Il suffit de

répéter les expériences décrites par MM. Decharme (1) et Goppelsroder (2) consistant à suspendre verticalement des bandes de papier-filtre dont l'extrémité plonge dans une solution de matière colorante. L'eau s'élève jusqu'à un certain niveau tandis que la hauteur atteinte par la matière colorante n'est pas nécessairement la même. Mais, dans tous les cas, la différence observée est augmentée dans des proportions considérables si à la solution de matière colorante on ajoute du chlorure de sodium.

J'ai opéré avec le rouge Congo, l'alizarine viridine, le bleu de nuit et le bleu de méthylène. Les résultats sont particulièrement nets dans le cas du rouge Congo.

	Différence de niveaux.
	mm
Solution pure de rouge Congo	1,5
Solution additionnée de 0,1 pour 100 de chlorure de sodium	2
» 0,2 »	5
» 0,5 »	13

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés thermiques des diverses variétés de sélénium.* Note (3) de M. **P. Mondain-Monval**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

De même que le soufre, le sélénium se présente sous plusieurs formes allotropiques. On en distingue généralement trois principales que Saunders (4) a signalées sous les dénominations suivantes :

1° *Liquide* (comprenant les séléniums vitreux, amorphe et colloïdal).

2° *Cristallisée rouge* (comprenant probablement deux variétés).

3° *Cristallisée grise* ou *métallique*.

Ces trois variétés peuvent exister à la température ordinaire, mais seule la variété grise ou métallique est stable à toutes les températures depuis la température ambiante jusqu'au point de fusion à 217°. Les deux autres formes au contraire sont instables, la forme cristallisée rouge représentant un état intermédiaire entre le sélénium amorphe et le sélénium métallique. La forme vitreuse et la forme cristallisée rouge n'ont pas tendance à se transformer en la variété métallique à la température

(1) Decharme, *Annales de Chimie et de Physique*, 29, 1873, p. 415, et 3, 1874, p. 417.

(2) *Verhandl. der Naturforsch. Gesellsch. zu Basel*, 19, 1907, Heft 2.

(3) Séance du 7 juin 1926.

(4) Saunders, *Phys. Chem.*, 4, 1900, p. 423.

ordinaire, mais si l'on élève la température respectivement à 90° et à 130°, la transformation s'effectue avec un dégagement de chaleur très notable.

Il m'a paru intéressant de tracer le diagramme thermique du sélénium en déterminant les chaleurs spécifiques et les chaleurs d'échauffement de ses diverses variétés dans leurs zones de stabilité, ainsi que les effets thermiques mis en jeu par la transformation en sélénium métallique des variétés vitreuse et cristallisée rouge. Il n'existe en effet à ce sujet dans la littérature qu'un très petit nombre de données, pour la plupart anciennes, et, en ce qui concerne les chaleurs de transformation, inexistantes ou tout à fait discordantes entre elles et particulièrement sujettes à caution (1).

La méthode utilisée a été indiquée dans une Note précédente (2) relative à une étude calorimétrique du soufre visqueux. Une ampoule en pyrex contenant 18g de sélénium est portée à la température T°, puis projetée dans l'eau d'un calorimètre. L'ampoule et son contenu s'y refroidissent jusqu'au voisinage de 17°. De l'élévation de température du calorimètre, on déduit la quantité de chaleur cédée par le sélénium.

Dans ma série d'expériences relatives au sélénium métallique, la température T° a varié de 60° à 330°. Au-dessous du point de fusion (217°), le sélénium restait sous sa forme initiale, c'est-à-dire cristallisée grise pendant le refroidissement très rapide dans le calorimètre. Lorsque, au contraire, le sélénium avait subi la fusion, il donnait par la trempe du sélénium vitreux, lequel possède des chaleurs de refroidissement et des chaleurs spécifiques très différentes de celles du sélénium métallique. Quant au sélénium cristallisé rouge, il ne peut exister qu'au-dessous de 120°. Il en résulte que j'ai dû tracer trois courbes différentes de chaleurs de refroidissement :

a. Celle du sélénium métallique, de 60° à 217°.

b. Celle du sélénium cristallisé rouge, de 50° à 80°.

c. Celle du sélénium vitreux, de 50° à 80°, et de 217° à 330°.

Ces trois branches de courbe figurent sur le graphique suivant où j'ai porté en abscisses les températures initiales T° auxquelles a été porté le sélénium, et en ordonnées la chaleur de refroidissement correspondante. La différence des ordonnées de deux points des courbes ayant même abscisse représente à l'échelle du graphique la chaleur de transformation.

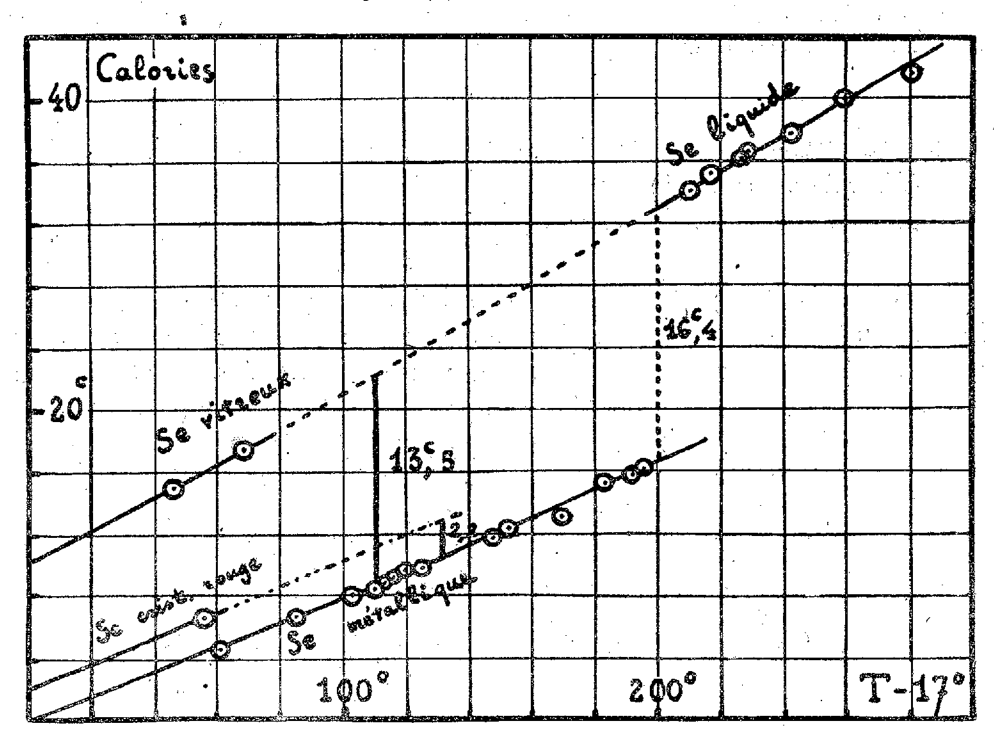
J'ai déterminé directement au calorimètre cette chaleur de transformation du sélénium vitreux et du sélénium cristallisé rouge en sélénium métallique en faisant de la calorimétrie à température élevée (130° et 150°). J'utilisai pour cela un vase de Dewar, renfermant comme liquide calorimétrique 125$^{cm^3}$ d'huile de vaseline, placé à l'intérieur d'un four électrique à axe vertical. On y introduisait une ampoule renfermant du sélénium vitreux. Le calorimètre cédait d'abord au sélénium une certaine quantité de chaleur pour l'amener à la température de 130°. La transformation s'effectuait alors avec dégagement de chaleur et de l'échauffement final du calorimètre on déduisait l'effet thermique dû à la transformation. Après l'expérience, le sélénium réduit en

---

(1) Fabre, *Ann. Chim. et Phys.*, 6e série, **10**, 1887, p. 472 et Petersen, *Zeits. phys. Chem.*, **8**, 1891, p. 612.

(2) P. Mondain-Monval, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 58.

poudre, avait une densité de 4,78, ce qui correspondait bien à une transformation totale en la variété cristallisée grise [1].



Chaleurs de refroidissement du sélénium.

J'ai ainsi obtenu les résultats suivants :

Chaleur de transformation à 130° du sélénium vitreux en sélénium métallique (4 expériences) .... 13,5 cal : gr.
Chaleur de transformation à 150° du sélénium cristallisé rouge en sélénium métallique (2 expériences) [2] .... 2,2 cal : gr.

Ces effets thermiques varient évidemment avec la température. C'est ainsi que la chaleur de transformation du sélénium vitreux en sélénium métallique peut être calculée à chaque température au moyen de la détermination faite à 130° et des chaleurs spécifiques des deux variétés. Elle augmente avec la température.

A 217°, température de fusion, elle se confond avec la chaleur de fusion et est de 16,4 cal : gr.

La chaleur spécifique vraie est donnée par la pente de la tangente à la courbe en chaque point. La chaleur spécifique moyenne du sélénium métallique entre 15° et 217°

---

(1) COSTE, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 674.

(2) Pour ce sélénium cristallisé rouge, $d = 4,41$.

est de 0,084, et celle du sélénium liquide au-dessus de 217° est de 0,118. Celle du sélénium cristallisé rouge est de 0,082, de 15° à 75°. Elle est donc supérieure à la chaleur spécifique moyenne du sélénium métallique qui n'est que de 0,078 dans le même intervalle de température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption dans l'ultraviolet d'un couple d'isomères.* Note (¹) de MM. **A. Kirrmann** et **H. Volkringer**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'on fait une étude comparée d'isomères de position, il peut être intéressant de confronter les méthodes purement chimiques avec les méthodes physiques susceptibles de donner des renseignements sur les liaisons entre atomes. En particulier, on peut espérer tirer quelques conclusions de l'étude des spectres d'absorption.

S'il est difficile de déduire de la connaissance des bandes d'absorption des données précises sur les liaisons, on peut du moins trouver des relations entre les variations de ces données et celles de l'absorption.

Nous avons étudié dans ce but les deux heptènes monobromés :

$$\text{(I)}\quad C^5H^{11}-CH=CHBr \quad \text{et} \quad \text{(II)}\quad C^5H^{11}-CBr=CH^2.$$

Les deux produits ont des propriétés extrêmement voisines, sauf toutefois en ce qui concerne leur point d'ébullition. Chacun a été préparé par une méthode particulière donnant des garanties de structure. Le produit (I) est cependant le mélange des deux isomères géométriques. Voici leurs constantes :

	$Éb_{11}$.	d_4^{21}.	n_D^{21}	R_m trouvée.	R_m théorique.
I.........	54-56	1,1581	1,4612	41,95	41,80
II.........	46,0-46,2	1,1598	1,4590	41,71	41,80

Pour la détermination des coefficients d'absorption on a utilisé une méthode de photométrie photographique. La source lumineuse était constituée par une étincelle condensée éclatant dans l'air entre électrodes de zinc, cadmium ou argent. Les cuves, en quartz, avaient des épaisseurs variant de $0^{mm},02$ à 2^{mm} et contenaient soit le liquide pur, soit des solutions dans l'alcool méthylique. L'appareil dispersif était constitué par un spectrographe à deux prismes de quartz et 1^m de foyer.

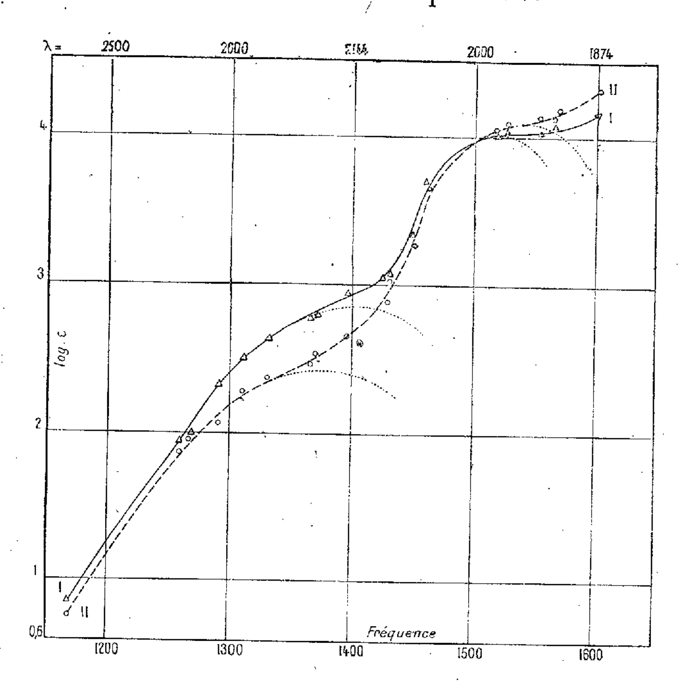
(¹) Séance du 7 juin 1926.

On a fait, sur un même cliché, une série de spectres à temps de pose variable sans liquide absorbant, puis pour chacun des bromures une série analogue après interposition du liquide absorbant.

Les clichés ont été étudiés au moyen du microphotomètre de MM. Lambert et Chalonge (1).

La comparaison des courbes de noircissement permet d'obtenir le rapport des temps de pose à noircissement égal. En appliquant la loi de Schwarzschild $it^p = i_0 t_0^p$ on en déduit le rapport des intensités. Une étude préalable des plaques utilisées nous avait donné la valeur de p.

La figure ci-dessous donne les courbes du logarithme du coefficient d'absorption moléculaire ε en fonction de la fréquence ν.



Chacune des deux courbes présente deux points d'inflexion, auxquels on peut faire correspondre des maxima élémentaires. MM. Errera et Victor Henri (2) ont déjà étudié un homologue inférieur du bromure I et leur courbe, en concordance avec la nôtre, laisse prévoir un maximum dans la région où elle s'arrête (2100 Å).

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 924.
(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 548.

Les maxima élémentaires fournis par les points d'inflexion correspondent aux régions suivantes :

Bromure I........................	2125 et 1975 Å
Bromure II........................	2170 et 1950 Å

La différence des coefficients d'absorption, généralement faible, change de sens vers 1980 Å. Lorsqu'on passe du bromure I au bromure II, le maximum élémentaire est décalé vers les grandes longueurs d'onde pour la première bande et vers les petites longueurs d'onde pour la deuxième.

Les courbes ressemblent beaucoup à celles que M. Victor Henri a décrites pour les acides éthyléniques. Il indique une première bande située entre 2100 et 2600 qui correspond bien à la première des nôtres ainsi qu'à des maxima rencontrés par différents auteurs dans l'étude des composés à double liaison.

Les forces de liaison d'un vibrateur variant dans le même sens que sa fréquence propre et, par conséquent, que la fréquence de son maximum élémentaire, nous pensons que la double liaison est plus solide pour II que pour I.

Le deuxième maximum, subissant un décalage en sens contraire, ne nous semble pas devoir être attribué à cette même fonction, mais plutôt à la fonction bromure. La liaison entre brome et carbone serait donc moins solide pour le bromure I, ce qui est d'accord avec le fait expérimental que le brome terminal est chimiquement plus mobile. Nous pouvons constater que cette interprétation est conforme à la théorie de l'affinité variable suivant laquelle au relâchement d'une liaison correspond un resserrement des autres liaisons du même atome.

CHIMIE ANALYTIQUE — *Dosage du sodium; nombreuses applications.* Note [1] de MM. **L. Barthe** et **E. Dufilho**, présentée par M. A. Desgrez.

Le dosage du sodium au moyen du sel de Frémy, n'a jamais été appliqué couramment, même après la modification apportée par Bougault [2], et la détermination du sodium dans tous les liquides et les tissus qui le renferment a été le plus souvent négligée, ou déduite par différence des combinaisons où on l'avait engagé, et dont les autres éléments étaient susceptibles

(1) Séance du 7 juin 1926.
(2) J. Bougault, *Journ. Phar. et Chim.*, 21, 1905, p. 437.

d'être dosés. M. A. Blanchetière [1] qui a envisagé le dosage du sodium dans le sang, a utilisé, dans ce but, la précipitation indiquée par Streng, du sodium en solution acétique, à l'état d'acétate triple d'uranium, de magnésium et de sodium, de formule :

$$3UO^2(C^2H^3O^2)^2 + Mg(C^2H^3O^2)^2 + NaC^2H^3O^2, 9H^2O,$$

sel tout à fait insoluble dans le mélange précipitant d'acétate d'uranium et d'acétate de magnésium qui lui a donné naissance. Le poids moléculaire élevé de ce sel, 1552, en fait une combinaison de choix pour une détermination quantitative.

La méthode indiquée par A. Blanchetière est d'une application délicate à cause de l'outillage spécial qu'elle exige, aussi n'a-t-elle pas été généralisée. Toutefois le dosage du sodium conduit à des conséquences très intéressantes. En utilisant les modifications apportées par nous à cette méthode, celle-ci devient d'une application facile et très exacte. Il importe toutefois d'opérer en l'absence de matières organiques et de phosphates, comme l'a indiqué A. Blanchetière dans ce dernier cas.

On suivra à la lettre les indications de A. Blanchetière pour la préparation des liqueurs d'acétate d'uranium et d'acétate de magnésium. Toutefois le commerce ne livrant pas d'acétate de magnésium pur et sec, on peut préparer aisément ce sel à l'état sirupeux : on dose le sel anhydre après évaporation de 10^{cm^3} du liquide. Par des artifices de manipulations que nous indiquerons ailleurs, nous évitons la lente filtration du liquide sur creuset de Gooch, sous pression réduite.

En opérant sur des solutions titrées de chlorure de sodium, nous pouvons confirmer l'exactitude des résultats obtenus antérieurement par A. Blanchetière. Deux cas peuvent se présenter dans l'application de la méthode :

1° Le liquide ne renferme ni matières organiques, ni phosphates.

La précipitation du sodium se fait en suivant exactement les indications de A. Blanchetière.

2° Le liquide renferme à la fois des matières organiques et des phosphates, ce qui est le cas le plus général. Les matières organiques seront, ou précipitées par les méthodes les plus appropriées, ou détruites par la méthode nitrosulfurique, sans addition de $KMnO^4$.

Pour la précipitation intégrale de l'acide phosphorique, nous donnons la préférence, après de nombreux essais, à la méthode de précipitation à chaud

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 807.

par la liqueur d'uranium, parce qu'elle évite une trop grande dilution de la liqueur primitive.

I. *Dosage du sodium dans les eaux minérales.* — On n'a jamais dosé directement le sodium dans les eaux minérales, et on l'a déduit en général du chiffre du chlore; on l'a ensuite associé arbitrairement, et par affinité chimique rélative, aux divers cathions. Il s'ensuit donc, comme on peut le voir ci-après, que tous les tableaux indiquant la composition des eaux minérales ne correspondent pas à la réalité, et qu'ils doivent être entièrement révisés.

Ainsi dans une source froide de Vichy, nous avons trouvé 1,4064 de sodium par litre. Le tableau d'analyse de cette eau indique :

$NaHCO^3$	3,309	correspondant à	1,300	de sodium
NaCl.............	0,383	»	0,1505	»
SO^4Na^2	0,243	»	0,070	»
		soit	1,5285	»

chiffre qui s'éloigne de 1,4064 chiffre de sodium trouvé par nous directement.

On constate des erreurs bien plus grossières dans certaines analyses.

II. *Dosage du sodium dans le lait. Application aux laits bicarbonatés et bichromatés.* — Pour doser le sodium dans un lait, on précipite la caséine par de l'acide chlorhydrique à froid. Après filtration, on neutralise l'excès de HCl par NH^3; on acidule ensuite avec quelques gouttes d'acide acétique; on ajoute un léger excès du réactif A de Blanchetière. On porte à l'ébullition, puis on laisse refroidir. On mesure le volume sans filtrer; on filtre et l'on recueille une partie du filtratum correspondant à une quantité connue de lait primitif. On ajoute alors au filtrat prélevé, 10 fois son volume du réactif urano-magnésien complet. On agite et on laisse reposer une demi-heure. On filtre sur double filtre de $0^m,10$ de diamètre. Le filtre est lavé avec le réactif de Blanchetière, puis avec de l'alcool à 95°. On met à l'étuve à +110° pendant une demi-heure et l'on pèse. Le poids *p* de sel de Streng, divisé par 60,43 (chiffre correspondant à 1^g de sodium), fournit le poids de sodium contenu dans la quantité prélevée.

Le dosage du sodium dans des laits normaux provenant d'une ou de plusieurs vaches, au commencement et à la fin de la traite, nous a donné des chiffres variant de 0,345 à 0,484 par litre.

Dans un lait bicarbonaté, chaque gramme de $NaHCO^3$ ajouté apporte un supplément de $0^g,2738$ de sodium. Par conséquent, chaque fois qu'un dosage de sodium dans du lait excédera $0^g,50$, ledit lait sera considéré comme additionné d'un sel de sodium. Si l'on veut exprimer le sodium en $NaHCO^3$, on multiplie la quantité de sodium excédant $0^g,50$ par 3,652.

Dans un lait bicarbonaté et bichromaté, le chrome sera précipité par ébullition prolongée en présence d'un grand excès de NH^4Cl obtenu par saturation de HCl en excès nécessaire pour la précipitation préalable de la caséine. On filtre après refroidissement, et l'on continue comme il a été indiqué plus haut.

Cette méthode permet donc de déceler l'addition de bicarbonate de

sodium dans le lait, fraude qui a des conséquences désastreuses quand ce lait sert à l'alimentation des nourrissons.

Le dosage du sodium par cette méthode peut être appliqué à tous les liquides biologiques. Dans l'urine d'un jeune homme sain et robuste, nous avons trouvé $3^g,26$ de sodium par litre.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le déferrage des mattes de cuivre et de nickel.* Note (1) de M. B. **Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les chaleurs de formation des oxydes Cu^2O, NiO et FeO sont respectivement 40,08; 57,9 et 65,7 calories. L'oxydation du fer dégage donc moitié plus de chaleur que celle du cuivre. En partant de ce fait, on suppose souvent que lors du déferrage des mattes de cuivre au convertisseur, l'oxydation du cuivre ne peut avoir lieu qu'après l'élimination totale du fer. Mais comme les scories obtenues au convertisseur contiennent toujours du cuivre, on explique sa présence par l'entraînement mécanique des globules de matte dans des scories insuffisamment fluides. Certaines publications (2), dues à des praticiens, semblent confirmer cette hypothèse : on y relève des analyses de scories dont les teneurs en cuivre ne varient presque pas du commencement à la fin du déferrage, bien qu'elles varient d'une usine à l'autre employant pourtant le même procédé.

Dans mes recherches sur cette question, je me suis servi de mattes de cuivre et de nickel, réduites en poudre et fondues en présence de SO^4Na^2 et de sable, intimement mélangés au métal, le sulfate de soude jouant le rôle d'oxydant.

Pour éliminer les irrégularités de composition dues à l'entraînement des globules des mattes, la scorie porphyrisée a été traitée avant l'analyse, pendant quelques secondes, par AzO^3H concentré qui dissout instantanément la matte, mais dont l'action sur les silicates est très lente.

Les résultats que j'ai obtenus sont résumés dans le diagramme ci-après. Sur l'axe des X sont portées les teneurs en fer des mattes après la fusion. Sur l'axe des Y les rapports correspondants des teneurs de cuivre et de nickel, dans les scories, à leurs teneurs en fer.

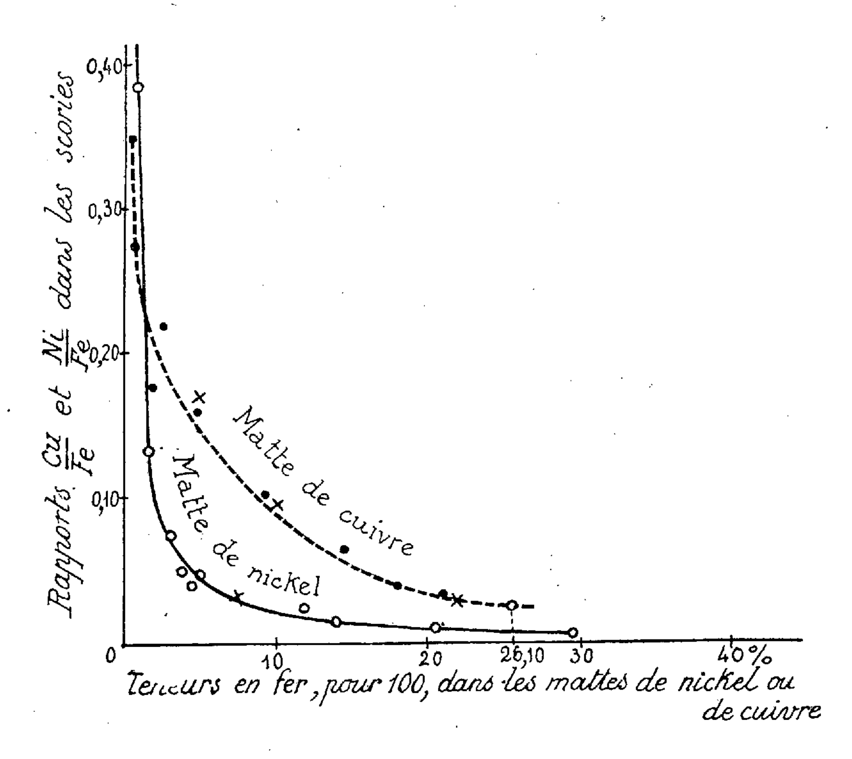
---

(1) Séance du 31 mai 1926.

(2) Voir, entre autres, le Mémoire très substantiel de Kolasnikow : *Traitement des mattes de cuivre* (*Revue de Métallurgie*, 11, 1914, p. 527).

L'examen de ces courbes conduit aux observations suivantes :

1. Le cuivre et le nickel s'oxydent bien pendant le déferrage et en proportions d'autant plus fortes que l'élimination du fer est plus avancée. Ceci est en conformité absolue avec la loi de l'action des masses.



2. Quoique l'oxydation du nickel dégage plus de chaleur que celle du cuivre, les pertes par oxydation dans les scories, pour les mattes de nickel, sont plus faibles pendant presque toute la durée du déferrage. Cette anomalie est due à une grande différence entre les chaleurs de décomposition de Cu^2S et NiS. Ainsi le cuivre fondu n'agit pas sensiblement sur SO^2 ; la teneur de sa matte en soufre baisse continuellement avec le progrès du déferrage : de 26-24 pour 100 au début, elle tombe à 19 pour 100 à la fin de l'opération. Pour le nickel, c'est le contraire qui a lieu puisque la teneur en soufre de la matte croît de 15-17 pour 100 à 25-27 pour 100, le nickel fondu décomposant en effet SO^2.

L'allure des courbes montre cependant que l'enlèvement des dernières traces de fer est bien plus difficile dans la matte de nickel, ce que confirme l'expérience industrielle.

3. Plus la scorie de déferrage est acide (visqueuse), plus les pertes par entraînement sont grandes. Mais les pertes par oxydation, rapports $\frac{NiO}{FeO}$ et $\frac{Cu^2O}{FeO}$ dans les scories, ne changent pas. Les points en croix sur les courbes se rapportent, en effet, à des scories très acides, contenant près de 65 pour 100 de SiO^2. Pour les autres points, cette proportion varie de 30 à 40 pour 100.

4. Ces courbes permettent de calculer approximativement les rendements du déferrage, c'est-à-dire la proportion du métal déferré au métal mis en œuvre. Faisons ce calcul pour une matte de cuivre à 48 pour 100 de Cu et à 26,10 pour 100 de Fe, transformée en sulfure de cuivre à 0,10 pour 100 de Fe (points extrêmes sur la courbe).

L'aire comprise entre l'abscisse, la courbe et les ordonnées correspondant aux points extrêmes est 9^{cm^2} environ, représentant la valeur des pertes en cuivre au cours du déferrage. L'échelle étant de 1^{cm^2} pour 0,250 pour 100 de cuivre perdu, le rendement de déferrage est $100 - \frac{9 \times 0{,}250}{48} \times 100 = 95{,}4$. Ce chiffre est un peu plus élevé que celui qu'on obtient industriellement dans les meilleures usines, employant le procédé basique et où le rendement des convertisseurs peut atteindre 94-95 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux γ glycols α éthyléniques stéréoisomères.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Moureu.

Dans une précédente Communication [1] j'ai décrit une méthode permettant d'obtenir aisément le pentadiène 1.3 assez pur.

Le carbure obtenu contient au moins 95 pour 100 de pentadiènes 1.3 (mélange sans doute des deux isomères *cis* et *trans* dont l'un bouillirait à 39°, l'autre à 42°,5), mais aussi quelques carbures isomériques dont j'avais mis la présence en évidence par le précipité que le carbure brut donne avec le chlorure mercurique aqueux, et dont M. J.-M. Dumoulin a démontré l'existence par la présence d'acide propionique dans les produits d'oxydation [2].

La purification du carbure par distillations fractionnées faisant perdre

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 853.
(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 974.

des quantités notables de matière, c'est sur le carbure brut que j'ai fixé deux atomes de brome par molécule pour transformer le pentadiène 1.3 en 1.4-dibromopentènes 2. L'action du brome sur les carbures étrangers m'a d'ailleurs permis de les identifier.

Cette fixation du brome, effectuée à — 20° en solution dans le tétrachlorure de carbone, a donné en majeure partie le bromure

$$CH^2Br - CH = CH - CHBr - CH^3$$

bouillant à 87° sous 12^{mm}; $n_D^{15} = 1,5523$; $d_4^{15} = 1,7482$; R. M. = 41,69 (la théorie voudrait 40,47). On a donc ici une exaltation de 1, 2, mais sur de nombreux bromures α éthyléniques, y compris le bromure d'allyle j'ai trouvé des exaltations voisines de 0,6 par Br en α par rapport à une liaison éthylénique. Ce bromure semble être l'isomère *trans*.

L'isomère *cis* existe dans les têtes, mais accompagné de bromures isomériques à points d'ébullition assez voisins, de sorte que je n'ai pas pu l'isoler à l'état pur; néanmoins la portion bouillant de 70 à 74° sous 12^{mm}, dont voici les constantes :

$$n_D^{21^\circ,5} = 1,5247, \quad d_4^{21^\circ,5} = 1,689, \quad \text{R. M.} = 41,33,$$

et qui est la plus abondante, semble constituée en majeure partie par cet isomère *cis*; la présence d'isomères à réfraction moléculaire normale abaisse son exaltation.

Les bromures *cis* et *trans* ne cristallisent pas; leur analyse est bonne. Je les ai traités séparément par l'acétate de soude en solution acétique et j'ai eu ainsi principalement :

Une acétine *cis* :

$$CH^3CO^2 - CH = CH - CH(CO^2.CH^3) - CH^3,$$

bouillant à 104°,5 sous 14^{mm}, dont voici les constantes :

$$n_D^{15} = 1,4430; \quad d_0^{15} = 1,0482; \quad \text{R. M.} = 47,03 \text{ (la théorie veut 46,87).}$$

Une acétine *trans* :

$$\text{Éb. } 115^\circ \text{ sous } 14^{mm}; \quad n_D^{17} = 1,4410; \quad d_4^{17} = 1,0471; \quad \text{R. M.} = 46,91.$$

En outre, avec le bromure *cis* j'ai obtenu un mélange de deux corps bouillant vers 60° sous 12^{mm} dont un grand nombre de distillations m'a permis de séparer une fraction 55°-56° et une fraction 60°-61° sous 12^{mm}. La

première bout sous 760mm à 161°. C'est le point prévu pour le corps

$$CH^3CO^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^2 - CH^3$$

encore inconnu. J'ajoute que cette fraction précipite le chlorure mercurique aqueux, et que son analyse y fait admettre 83 pour 100 de l'acétine en question et 17 pour 100 du bromure suivant :

$$CH^3 - CBr = CBr - CH^2 - CH^3$$

qui constitue en majeure partie la seconde fraction. Son point d'ébullition et le fait qu'il n'agit pas sur l'acétate de soude font admettre provisoirement pour lui la formule ci-dessus.

Les carbures isomères du pentadiène 1.3 seraient donc : 1° l'éthylallène qui aurait fixé en 1.2 deux atomes de brome; le brome primaire sous l'influence de l'acétate de soude a donné une acétine, l'autre est parti sous forme d'hydracide; 2° la pentine 2 dont le dibromure, éthylénique, est insensible à l'action de l'acétate de soude.

La saponification des acétines a été effectuée par la baryte. Une quantité calculée d'acide sulfurique a ensuite précipité la majeure partie des sels métalliques, à l'état de sulfate de baryum, mais pas la totalité; les glycols en présence d'eau donnent avec ce sel un colloïde qui flocule lorsqu'on chasse cette eau en un gel réversible qui retient énergiquement les glycols; ceux-ci en ont été extraits par distillation dans le vide; voici leurs constantes :

Glycol *cis*...	Éb. 108°,5 sous 14mm	$n_D^{17} = 1,4633$	$d_4^{17} = 1,0146$	R. M. = $27,72_8$
Glycol *trans*.	Éb. 125°,5 sous 14mm	$n_D^{17} = 1,4730$	$d_4^{17} = 1,0234$	R. M. = 27,81

La réfraction moléculaire théorique est 27,76. Très visqueux, ces glycols, surtout le second, sont peu solubles dans l'éther, incongelables, miscibles à l'eau et à l'alcool. Ils ont été analysés ainsi que leurs acétines.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de trois nappes de charriage dans le Rif méridional.* Note de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

Lors des dernières avances des troupes au nord de Fez et de Taza, il m'a été possible d'étudier des régions encore inexplorées des géologues. J'ai pu constater, suivant une ligne continue allant de Teroual (sud-est d'Ouezzan) à Bab Moroudj (nord de Taza), la présence d'une série de pointements de

calcaires liasiques reposant en contact anormal soit sur des assises chattiennes à *Lépidocyclines*, soit sur des assises helvétiennes à *Pecten Fuchsi*, soit sur des assises schisteuses grises et vertes offrant le faciès du Flysch à helminthoïdes de la région briançonnaise. Des lentilles de gypse, d'argiles rouges, de grès, de cargneules appartenant au Trias et accompagnées de masses parfois très importantes de diabases ophitiques, s'intercalent en nombre de points entre les assises liasiques et les couches sur quoi elles reposent. Des venues métallifères avec pyrites, malachite, fer oligiste, etc., accompagnent cette ligne de calcaires liasiques (notamment à Aïn Aïcha, Sof Raïlane). Les pointements de Lias sont séparés les uns des autres par des vallées d'érosion ou des accumulations d'éboulis, mais appartiennent à un même ensemble. Quelques-uns cependant, un peu plus méridionaux que la ligne générale qu'ils dessinent, se montrent comme des klippes. Leur ensemble forme une concavité assez régulière regardant vers le Nord-Est. Il s'agit là d'une nappe continue plus septentrionale que celles connues plus au Sud. Un de ses éléments a déjà été figuré dès 1920 sur la carte géologique provisoire du Maroc de Louis Gentil; mais, à cette époque, il était impossible de rattacher cet élément à ceux qui l'accompagnent à l'Est et à l'Ouest; il est désigné sous le nom de Moulay Bou Chta (c'est la montagne actuellement connue sous le nom de Djebel Amergou). Toute la ligne des sommets appelés par les indigènes, les Sof, et qui court depuis le Bibane à l'Ouest jusqu'au Tamdert à l'Est sur une centaine de kilomètres, constitue la partie essentielle de la nappe.

Plus au Nord, une nappe plus importante apparaît; elle est constituée par toute la masse des calcaires liasiques puissants de 200 à 400^{m} qui forment les hautes montagnes de la région des Oulad Ghezzar et se continuent vers l'Est par les Senhadja, les Djebels Teirara, Taïnest, Aïn Aokka, Tizeroutine. Elle repose sur les mêmes terrains et dans les mêmes conditions que la précédente. Elle est elle-même surmontée par une troisième nappe plus septentrionale encore, mais dont je n'ai pu étudier que la partie orientale, constituée par le Djebel Azrou Akechar et le massif du Baïo. Toutes trois reposent sur des terrains tertiaires plus ou moins laminés, et la plus méridionale repose sur la nappe inférieure (nappe Trias-Éocène de M. Daguin) qui flotte elle-même sur l'Helvétien des vallées de l'Innaouen et du Sebou et sur les terrains secondaires et nummulitiques du Kefs, de l'Outita, du Zerhoun et du Zalagh. L'ensemble serait ainsi formé de quatre nappes empilées, venues du Nord-Est et dont le front, peu incurvé dans le nord du pays, le devient de plus en plus en avançant vers le Sud,

poussant devant lui un bourrelet de l'Autochtone en forme de V assez aigu, dont la branche Nord-Sud est représentée par le Tselfat, la branche Sud-Ouest-Nord-Est par le Zerhoun et le Zalagh. Cette forme angulaire paraît due à l'insinuation des terrains poussés du Nord-Est vers le Sud-Ouest entre le massif ancien de Touahar (ouest de Taza) et un massif hypothétique situé sous les dépôts de la côte atlantique dans la région de Larache et continuant la direction des alignements hercyniens connus en Chaouia septentrionale.

Observations de M. **Pierre Termier** *sur la Note précédente de M.* P. Russo.

La Note qui précède nous donne des renseignements d'une très haute importance sur la structure de la région encore inexplorée du Rif. Mais, pour ce qui concerne la région prérifaine à partir du Djebel Amergou et jusqu'au bord nord de la plaine pliocène Fès-Meknès, je crois que l'auteur l'eût rédigée un peu différemment s'il avait eu connaissance des observations faites, de 1923 à 1925, par M. Daguin. Ces observations ont été, il y a quelques jours, communiquées au Congrès géologique international réuni à Madrid; et le Congrès a pris connaissance de la carte géologique, très précise et très détaillée, de toute la région prérifaine, levée par M. Daguin. C'est M. Daguin qui a établi, d'une façon qui me paraît définitive, l'existence de la nappe Trias-Éocène et l'indépendance complète, par rapport à cette nappe, des massifs, ridés et plissés, mais à coup sûr autochtones, du Kefs, de l'Outita, du Tselfat, du Zerhoun et du Zalagh. M. Daguin a également émis, devant le Congrès géologique, l'hypothèse de la présence d'un massif ancien *sous* la côte atlantique, massif déterminant, avec le massif de Touahar, la forme angulaire du bourrelet poussé par la nappe.

Les découvertes de M. Russo se raccordent ainsi parfaitement à celles de M. Daguin; elles agrandissent beaucoup vers le Nord l'étendue du pays de nappes; elles nous permettent d'espérer que nous connaîtrons bientôt la position des racines d'où sont sorties toutes ces unités charriées vers le Sud, et que nous pourrons répondre prochainement à la question tectonique posée par moi il y a vingt ans : le Rif a-t-il une structure en éventail ? ou bien les nappes de la Sierra-Nevada, qui sont charriées au Nord, ont-elles leurs racines sur la côte espagnole de la Méditerranée ?

HYDROLOGIE. — *Radioactivité et composition chimique des eaux minérales du Hammam des Ouled Ali.* Note de MM. **Pouget** et **Chouchak**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les sources thermales du Hammam des Ouled Ali se trouvent dans le département de Constantine, à $12^{km},400$ au nord-ouest de Guelma.

Elles sourdent sur les dernières pentes du Koudiat Bayada. Leurs eaux, très abondantes, se jettent dans un ruisseau qui prend alors le nom de Oued Ali.

Elles sont au nombre de 5. Une seulement est captée et utilisée, surtout par la population indigène, auprès de laquelle ses propriétés curatives pour les affections rhumatismales sont très renommées. Le griffon n'étant pas accessible, les échantillons ont été prélevés à la sortie du tuyau d'amenée de l'eau dans la piscine : sa température est alors de 44°,5, sa résistivité de 733 ohms à 18°. Elle est radioactive, elle a donné 28,2 millimicrocuries de radon.

A l'ouest de cette première source s'en trouvent, actuellement, deux autres, dont le débit est très abondant; les eaux de l'une d'entre elles actionnent un moulin. Celle-ci a la température de 52°, une résistivité de 755 ohms et donne 5,4 millimicrocuries de radon. L'autre a la température de 58°,5; sa résistivité est de 843 ohms; sa radioactivité de 1,7 millimicrocurie.

Une quatrième source, peu abondante, joint ses eaux à celles qui actionnent le moulin; sa température est de 56°,5.

La cinquième source se trouve à l'est de la source captée; sa température est 49°, sa résistivité est la même que celle de la source captée : 733 ohms; mais sa radioactivité est plus faible : 6,4 millimicrocuries.

Au moment où l'établissement a été construit, c'est certainement la source qui avait le plus de renommée auprès des indigènes qui a été captée, et il est intéressant de constater que c'est la plus radioactive de toutes.

L'analyse de la source captée et celle de la source du moulin (El Sendouk et El Kalaïa d'après le Service des Mines) ont donné les résultats suivants (date du prélèvement : 13 octobre 1924) :

	Source captée.	Source du moulin.
Température (en degrés C.)	44,5	52,0
Radon (en millimicrocuries)	28,2	5,4
Résistivité en ohms	733	755
Résidu fixe à 180° (par litre)	1,264	1,220
» au rouge	1,108	1,092

	Source captée.	Source du moulin.
Alcalinité totale (en HCl N) (en cm^3)	5,8	6,3
» permanente	0,7	0,7
CO^3 total (en grammes)	0,480	0,615
CO^2 libre	0,103	0,174
CO^3 des carbonates neutres	0,174	0,189
Cl	0,0365	0,0365
SO^4	0,618	0,569
SiO^2	0,047	0,042
Ca	0,272	0,270
Mg	0,047	0,042
Na	0,053	0,055
K	0,009	0,006
$Fe^2O^3.Al^2O^3$	0,0025	0,001
Li	Néant	Néant
Mn	Traces	Traces
As	0,000019	-
P^2O^5	0,000023	-
Br, I, Cu, Zn, Co, Ni, Sn, Sb	Néant	-

Ce sont donc des eaux sulfatées calciques de compositions chimiques très voisines. Elles avaient été analysées, par Poncelet ([1]) du Service des Mines, il y a une soixantaine d'années, et plus tard, par Hanriot ([2]).

Poncelet avait trouvé 1,192 de résidu sec pour la première et 1,231 pour la seconde. Hanriot a trouvé 1,295 pour la source captée. Actuellement le résidu sec (à 180°) est 1,264 pour la première, et 1,220 pour la seconde : les différences sont relativement faibles, par contre, les teneurs en chlore diffèrent notablement : nous avons trouvé 0,0365 pour chacune d'elles, Hanriot 0,0426, et Poncelet 0,053 pour l'une, et 0,076 pour l'autre : elles sont donc moins chlorurées qu'autrefois.

Les deux sources principales non captées dégagent abondamment du gaz. Celui de la source du moulin a la composition suivante :

	Pour 100.
CO^2	19,6
N	80,4

Ce sont surtout les indigènes qui utilisent les propriétés éminemment curatives de ces eaux ; il est regrettable qu'aucune installation ne permette aux européens d'y faire un séjour un peu prolongé.

([1]) Notice minéralogique par le Service des Mines du Gouvernement général de l'Algérie (1904).

([2]) HANRIOT, *Les eaux minérales de l'Algérie* (Dunod, 1911).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les grandes perturbations électromagnétiques des quatre premiers mois de* 1926, *d'après les enregistrements de l'Observatoire de l'Èbre, Tortosa (Espagne).* Note [1] de M. **Ignace Puig**, présentée par M. G. Bigourdan.

Les fréquentes et fortes perturbations électromagnétiques enregistrées pendant les quatre premiers mois de 1926 semblent être l'indice que nous approchons du maximum de l'activité solaire. Elles sont assez nombreuses; mais nous ne considérerons ici que les quatre plus fortes, celles des 26-28 janvier, 23-25 février, 5-6 mars, 14-17 avril. Nous parlerons aussi du début d'une autre, celle du 17 février.

Généralement, nos courants telluriques ont éprouvé des changements simultanés tout à fait semblables, surtout le courant N-S.

Les deux phénomènes sont-ils simultanés ou non ? Naturellement, toutes les perturbations ne se prêtent pas à cet examen, mais seulement celles qui débutent soudainement. Aussi nous avons prêté une attention spéciale à la comparaison des *débuts* des perturbations.

Parmi les quatre mentionnées, trois seulement ont eu un début soudain, et il en a été de même d'une autre moins forte, enregistrée le 17 février. Voici leurs heures de début, comparées aux heures de début des courants telluriques :

	17 février.	23-24 février.	5-6 mars.	14-17 avril.
	h m	h m	h m	h m
Déclinaison (D).........	22.15,35	16.25,1	10.3,5	14.1
Composante horiz. (H)..	22.16,35	16.26,1	10.3,5	14.1
» vert. (Z)....	22.16, 8	16.25,6	10.3,5	14.0,5
....	....	....	......	......
Courant tellurique N-S...	22.18	16.27	10.3,7	14.1,5

On voit que la perturbation électrique commence un peu après, contrairement à ce qui a été fréquemment remarqué, par exemple par Moureaux, Airy, Ellis et Garcia Mollá. Airy, en 1868, a conclu que les variations des courants telluriques précédaient celles des courants magnétiques, parfois de 30 minutes : c'est là une différence énorme, qui fait soupçonner un mauvais enregistrement.

Dans les perturbations considérées, nous avons les débuts à une demi-minute. C'est un même courant électrique qui allume les lampes des divers enregistrements. Nous avons déterminé avec soin les parallaxes des courbes.

---

[1] Séance du 7 mai 1926.

Pour donner une idée de l'importance des 4 grandes perturbations de cette année, nous résumons, dans le tableau ci-après, les amplitudes des variations obtenues, c'est-à-dire les différences entre les valeurs maxima enregistrées de part et d'autre de la valeur moyenne de ces mêmes jours; en même temps nous reproduisons les amplitudes de la grande perturbation électromagnétique du 11 août 1919, l'une des plus fortes enregistrées depuis la fondation de l'Observatoire, en 1905 :

	1919.	1926.			
	11 août.	26-27 janvier.	23-24 février.	5-6 mars.	14-17 avril.
D.......	46′	32′	23,4	31′	44,9
H.......	212 γ	311 γ	273 γ	200 γ	263 γ
Z.......	118 γ	167 γ	170 γ	106 γ	164 γ
N.-S....	589 mv/km (1)	758 mv/km	428 mv/km	453 mv/km	543 mv/km
W.-E....	—	103 »	32 »	20,4 »	26,9 »

On voit donc que la plus forte de 1926 a été celle de janvier; puis viennent celles d'avril, de février et de mars. L'amplitude de la déclinaison magnétique, pendant la perturbation d'avril, est tout à fait remarquable : elle égale presque celle du 11 août 1919.

On attribue les perturbations électromagnétiques de la Terre au Soleil, surtout aux taches.

Voici leur étendue et celle des flocculi de calcium, en millioniemes d'hémisphère visible, d'après les enregistrements du même Observatoire pendant les journées des perturbations électromagnétiques mentionnées :

	1919.	1926.			
	11 août.	26-27 janvier.	23-24 février.	5-6 mars.	14-17 avril.
Taches....	1.232	4.969	1.034	3.257	800
Flocculi...	6.120	42.170	42.770	23.010	15.000

On voit que la plus grande extension des taches correspond à la perturbation de janvier, précisément la plus forte. Néanmoins, celle d'avril a été aussi très forte, tandis que les taches furent peu nombreuses et peu étendues. Ainsi se trouve confirmée l'idée de M. Bauer (2) qu'il ne faut point comparer l'activité solaire avec l'activité électromagnétique de la Terre jour par jour, mais année par année.

(1) Le symbole mv/km signifie millivolts par kilomètre.

(2) *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, Baltimore (U.-S.-A.), décembre 1925, p. 191.

BOTANIQUE. — *Nouvelles expériences sur le rapport vasculaire entre la feuille et la racine.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

J'ai montré dans une Note précédente (1) que si l'on supprimait dans des embryons une ou plusieurs ébauches foliaires épicotylées les racines des plantules provenant du développement de ces embryons présentaient, dans la différenciation secondaire de leur appareil vasculaire, des déficiences correspondant aux feuilles supprimées.

Dans ces conditions, on pouvait se demander si la structure primaire était susceptible des mêmes variations et, notamment, si elle pouvait être influencée par la suppression des parties aériennes initiales, c'est-à-dire des premières feuilles ou cotylédons et de leurs bases ou hypocotyle.

En employant la méthode décrite par Molliard (2), cultures pures sur Knop au $\frac{1}{5}$ additionné de 2 pour 100 de glucose, j'ai obtenu la croissance de radicules séparées de l'embryon chez le Lupin blanc, la Courge et le Ricin; au bout de 40 jours les racines avaient atteint une longueur de 15 à 22^{mm} et avaient parfois émis des radicelles.

Dans toutes ces racines les vaisseaux d'origine primaire se sont normalement différenciés suivant toutes les phases de l'évolution vasculaire. Dans les racines de Lupin et, à un degré moindre, dans celles de Courge il s'est produit un méristème secondaire dont les cellules se sont lignifiées, mais sans former de véritables vaisseaux : elles se sont différenciées en éléments de petit calibre, fermés à leurs extrémités, à membranes réticulées, semblables au conjonctif ligneux qui entoure les vaisseaux dans les racines normales.

Une série d'expériences de contrôle a été réalisée avec des embryons de Lupin chez lesquels j'avais supprimé un cotylédon et la moitié longitudinale de l'hypocotyle qui lui correspondait, c'est-à-dire une phylle entière, tout en laissant la radicule et la gemmule intactes, de telle sorte qu'une moitié de la radicule restait sur le prolongement d'une phylle normale, l'autre moitié ne correspondant à rien. Ces embryons ont donné des plantules se développant presque aussi rapidement que des plantules entières dont certaines se sont accrues pendant 2 mois.

---

(1) A. Dauphiné, *Démonstration expérimentale du rapport vasculaire entre la feuille et la racine* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1159).

(2) M. Molliard, *Sur le développement des plantules fragmentées* (*Comptes rendus Soc. de Biologie*, **84**, 1921, p. 770).

Comme dans les radicules isolées, les vaisseaux primaires se sont différenciés normalement, sans que l'on puisse constater de différence appréciable entre les deux côtés de la racine, et il s'est formé un méristème secondaire à peu près régulier; mais ce méristème se différencie rapidement, du côté normal, en vaisseaux nombreux entremêlés de conjonctif ligneux tandis qu'il reste longtemps indifférencié du côté de la racine qui correspond à la phylle qui a été supprimée. Ultérieurement, il se lignifie mais en formant seulement du conjonctif ligneux.

On peut conclure de ces expériences :

1° Que les vaisseaux d'origine primaire, dont la plus grande partie constitue les phases primitives de l'évolution vasculaire, peuvent se différencier dans une racine séparée dès l'embryon des parties feuillées de la plante ;

2° Que la différenciation des vaisseaux secondaires est sous la dépendance de ces parties feuillées.

Or, chez les Phanérogames actuelles, la racine est la partie de la plante qui a le mieux conservé les phases primitives de l'évolution vasculaire; il est intéressant de constater que l'existence de ces phases se montre indépendante du développement des autres parties de la plante; il y aurait donc là un caractère profondément acquis par la racine, tandis que la différenciation des éléments secondaires, qui constitue une phase tardive de l'évolution, se montre au contraire sous la dépendance du développement général de la plante.

BOTANIQUE. — *Un nouveau genre, intermédiaire entre les Malvacées, les Bombacacées et les Sterculiacées.* Note de **M. B. P. G. Hochreutiner**, présentée par M. H. Lecomte.

Parmi les plantes recueillies à Madagascar par M. le Docteur Humbert, chef de travaux à la Faculté des Sciences d'Alger, il en est une qui constitue un nouveau genre et que nous avons nommée *Humbertiella*. Ses caractères montrent que c'est une forme intermédiaire entre trois familles différentes et, à ce titre, elle présente un intérêt spécial.

Humbertiella, genre nouveau. — Bractées involucrales 5, petites. Calice à préfloraison valvaire, pourvu à l'intérieur d'une aire nectarifère subcirculaire. Corolle petite, ne dépassant pas le calice, un peu soudée avec la base de la colonne staminale. Colonne staminale très longue, dépassant la fleur et portant au sommet 5 petites dents et au-dessous, 10 anthères sessiles (disposition rappelant les fleurs mâles de

Cola); grains de pollen couverts de pointes. Ovaire supère à 4 loges uniovulées; style très long, ramifié au sommet, avec stigmates capités.

Cette plante se rattache à la famille des Malvacées à cause de ses 5 bractées involucrales, de son pollen hérissé de pointes, de ses stigmates capités et de sa corolle très mince, très délicate, soudée avec la base d'une colonne staminale fort longue et caduque. Le calice a une préfloraison valvaire et il est pourvu à l'intérieur d'une aire nectarifère entourant l'insertion de la corolle; ces deux derniers caractères se trouvent chez les Malvacées, mais on les rencontre aussi chez les Sterculiacées et chez les Bombacacées.

Enfin le nombre des carpelles est de 4 et cela est moins commun chez les Malvacées que chez les familles voisines. En effet, parmi les Malvacées, les seuls genres qui aient constamment moins de 5 carpelles sont les suivants : *Howittia* F. v. M., *Kydia* Roxb., *Dicellostyles* Benth., *Julostyles* Thw., *Cienfuegosia* Cav., *Ingenhousia* Moç. et Sess., *Helicteropsis* Hochr., c'est-à-dire des genres plus ou moins aberrants. Une réduction du nombre des carpelles est plus fréquente chez les Sterculiacées et particulièrement chez les *Dombeya* auxquels on pourrait comparer notre nouveau genre.

En revanche, on n'a jamais signalé chez les Malvacées la présence de 10 étamines groupées en cercle au sommet du tube staminal, et dont les anthères sont sessiles, c'est-à-dire soudées au tube par toute leur surface dorsale.

Les seuls genres qui présentent un caractère de cette nature sont des Bombacacées : Ce sont les *Chorisia* qui ont des fleurs très grandes, présentant une structure bien différente de celle des *Humbertiella*, avec des staminodes à la base du tube staminal, un style renflé, entier au sommet et 5 carpelles multiovulés. Ce sont ensuite les *Quararibæa* qui ont des fleurs plus petites, mais portant au moins 20 anthères sessiles, groupées sans ordre au sommet du tube; ces fleurs ont en outre 2 carpelles biovulés.

Notre genre, au contraire, a des fleurs isolées, très petites (le calice et la corolle n'atteignent pas 1^{cm}), et les 10 anthères sessiles forment un cercle parfait autour de l'orifice du tube qui a 5 petites dents tout à fait semblables à celles de la plupart des Malvacées. De plus les 4 carpelles contiennent chacun un seul ovule.

Parmi les Sterculiacées, seuls les *Dombeya* présentent des analogies avec notre genre, mais celles-ci sont frappantes. Nous pouvons citer, par exemple, le *D. cannabina* de Baillon et notre *D. macropoda* qui ont

10-15 étamines au bout d'un tube staminal extrêmement allongé; si l'on imaginait là, que les anthères deviennent sessiles et appliquées au tube, elles formeraient alors un cercle, comme celui des *Humbertiella*. Les anthères des *Humbertiella*, en effet, ressemblent beaucoup plus, comme forme, à celles des *Dombeya* qu'à celles des Malvacées, parce qu'elles paraissent porter deux sacs polliniques séparés (1). Il est vrai que les espèces précitées de *Dombeya* ont 5 carpelles, mais on sait combien ce caractère est sujet à variations dans le genre, puisque Planchon l'a déjà signalé dans sa première tentative de classement en sections (2).

En revanche, les pétales coriaces, persistants, si caractéristiques des *Dombeya* ne se retrouvent pas chez la plante de Humbert; de plus, nous ne connaissons dans ce genre aucune espèce à loges uniséminées, ni aucune espèce à fleurs isolées..., sauf quelques espèces exceptionnelles de la section *Trochetiantha* (3) dont les fleurs énormes ont jusqu'à 7^{cm} de diamètre.

Parmi les Malvacées, nous pouvons comparer les *Humbertiella* aux deux seuls genres, *Perrierophytum* et *Helicteropsis* (4) qui ont tous deux des fleurs relativement petites, à corolle réduite, à tube staminal long et proéminent, et à loges uniovulées. Le premier a 5 carpelles et le second 4. En revanche, ils ont tous deux des anthères nombreuses, nettement uniloculaires, portées par des filets plus ou moins longs et formant un mouchet terminal. N'était l'existence de ces deux genres, qui établissent la liaison avec les Malvacées, et que nous avons décrits aussi d'après des plantes malgaches, il eût été bien difficile de rattacher le genre *Humbertiella* à cette famille.

Quoi qu'il en soit, on peut cependant affirmer que ce végétal est intermédiaire entre les Malvacées, les Bombacacées et les Sterculiacées.

Ce fait vient à l'appui de la manière de voir de H. Baillon, qui réunissait en une seule les trois familles, en y adjoignant même celle des Tiliacées.

---

(1) Nous disons : paraissent, parce qu'il est bien difficile de décider, d'après les étamines âgées que nous avons pu examiner, si les deux sacs en question sont tout à fait séparés ou bien s'ils sont un peu confluents.

(2) PLANCHON, *Flore des serres et des jardins*, 1re série, 6, 1850-51, p. 225.

(3) BAILLON, *Bulletin Soc. Linn. Paris*, 1, 1885, p. 483.

(4) HOCHREUTINER, *Trois genres nouveaux de Madagascar* (*Annuaire du Conserv. et jard. bot. Genève*, ann. XVIII, 1915, p. 229; *Encore un genre nouveau de Malvacées* (*Candolle*, 2, Genève, 1925, p. 155).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la production de fleurs doubles à la suite d'hybridations complexes entre espèces divergentes de Benoites (Rosacées).* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

L'hybride nouveau [(*Geum urbanum* L. × *rivale* L.) × *G. montanum* L.], que je dénomme × *Geum polypetalum*, a fleuri pour la première fois, fin avril 1926 au Laboratoire de Physique végétale de Bellevue (Seine-et-Oise) et n'a donné que de grandes fleurs jaunes, semi-doubles, à étamines stériles, mais à ovaires partiellement fertiles. L'histoire de cette plante, dont je possède les ascendants suivis en lignées autofécondées, fournit des documents précieux sur l'origine de la duplicature des fleurs chez les Rosacés.

Le point de départ est une lignée hybride *Geum urbanum* × *rivale* stable, contrôlée durant 4 générations, à pollen partiellement avorté (25 pour 100), autoféconde et dont quelques individus présentent chaque année une légère tendance à la pétalisation des étamines; j'ai décrit en 1920 [1] les particularités de cet hybride, issu d'un de mes croisements de 1908. Le 10 mai 1924, je castrai 4 boutons d'une même plante et le 16 mai déposai sur les stigmates à point le pollen d'un pied de *Geum montanum* L. transplanté à Bellevue, en juillet 1923, de Val d'Isère (Savoie), où je l'avais récolté à l'état sauvage. Les 4 fleurs nouèrent, donnèrent peu (20) d'akènes gonflés, moins du sixième, eux-mêmes peu féconds puisque le semis en février 1925 ne fournit que trois plantes actuellement vigoureuses. Deux ont fleuri et n'ont donné que des fleurs doubles dont je résume les principaux caractères :

Fleurs très grosses (diamètre 45^{mm}) en grappes pauciflores basses (30-35^{cm}), d'un jaune franc sans trace de rose, à large calice étalé formé de sépales ovales aigus et de petites stipelles (type *intermedium*) sur lequel se disposent en spirale régulière 15 à 17 pétales imbriqués à courts onglets, formant couronne autour de 20 à 30 étamines à filets jaunâtres terminés par les anthères jaunes, puis brunes, ne s'ouvrant pas; au centre, 20-30 carpelles sessiles, velus blanchâtres, terminés par de longs styles soyeux filiformes, articulés à la moitié de leur longueur (type *montanum*). Au cours de l'épanouissement, les boutons d'abord penchés se redressent, les pétales se disposent dans un plan sur lequel s'appliquent lentement et régulièrement les étamines à anthères petites et sèches; la fleur à axe horizontal ou incliné de 45° sur l'horizon reste épanouie durant trois semaines et les carpelles jeunes restent groupés en houppe comme s'il y avait un arrêt de croissance. Dans les rares cas où les carpelles furent fécondés, le style s'est allongé; l'articulation se trouvant reportée aux deux tiers et le style raide, épaissi, fut rejeté contre la couronne étalée des étamines.

---

[1] L. Blaringhem, *Stabilité et fertilité de l'hybride*, Geum urbanum *L.* × rivale *L.* (*Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1284).

J'insiste spécialement sur trois particularités :

1° D'abord sur *l'obtention d'un hybride entre trois espèces* classées dans trois sections *divergentes du genre Geum* : caryophyllata Seringe (*rivale*), caryophyllastrum Ser. (*urbanum*) et Sieversia Willd (*montanum*). Dans cette triple combinaison, la teinte rougeâtre des pédoncules et des sépales laisse seule deviner l'influence *rivale*, les fortes stipules à dents aiguës l'influence *urbanum*; les caractères *montanum* l'emportent pour la forme et le coloris des feuilles de la rosette, des pétales, des étamines et des carpelles. Mon expérience confirme l'hypothèse émise par divers systématiciens qui ont rapporté à l'origine hybride *montanum* + *rivale* diverses formes sauvages : *Geum inclinatum* Schleich. (1815), *G. Sudeticum* Tausch (1824), *G. Tirolense* Kerner (1867), *G. Billietii* Gillot (1899); au point de vue végétatif, ma plante se rattache à *G. Sudeticum* A. et G. Syn. VI, 889 (1904). Pour aucun de ces hybrides, il n'est question de duplicature des fleurs.

2° *Sur la stérilité relative de l'hybride complexe. Geum montanum* est tout à fait fertile et supporte l'autofécondation; la mère *G. intermedium* est tout à fait fertile pour ses carpelles et son pollen n'est avorté que dans la proportion du quart. Or, toutes les anthères de toutes les fleurs de mon hybride triple se sont desséchées avant d'avoir atteint le tiers du volume des anthères des parents. Toutes les fleurs non isolées sont restées stériles quant aux ovaires malgré la visite d'insectes et le voisinage de nombreuses espèces de Benoites; l'application artificielle des pollens des parents *urbanun*, *rivale* et *intermedium* n'a fait nouer aucun ovaire; seul le pollen *G. montanum* m'a fourni 8 akènes pour six fleurs, soit 200 carpelles à point. Les conditions de croissance des akènes fécondés montrent que l'avortement est corrélatif du maintien de l'état infantile des organes femelles.

3° *La duplicature des fleurs* est due à l'influence maternelle *Geum intermedium*; aucune indication de duplicature n'est montrée par *Geum montanum* dont les plus grosses fleurs donnent 6, 7 pétales dans un plan. Mais la tendance acquise par l'hybride *intermedium* et chez lui peu accusée (axes grêles ramifiés, étamines et carpelles fertiles) se trouve renforcée par l'organisation végétative dominante de *G. montanum*; les axes épais, courts, peu ramifiés, les larges plateaux des calices, la juvénilité et l'avortement précoce des organes sexuels internes ont favorisé l'accentuation du caractère et fourni les fleurs semi doubles. Or ce sont les caractères mêmes de la duplicature des fleurs des Rosiers, dont l'origine est inconnue. L'expérience réalisée avec les Benoites en donne une explication logique : les Rosiers à fleurs doubles sont des hybrides complexes, à caractères nouveaux et héréditaires.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir antirachitique de la lumière de Wood.* Note de MM. **G. Mouriquand**, **M. Bernheim** et Mlle **Theobalt**, présentée par M. Widal.

Le pouvoir antirachitique des rayons ultraviolets est un fait bien établi. Nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible de dissocier, dans le spectre de l'ultraviolet, les rayons protecteurs de ceux qui restaient sans action sur le développement du rachitisme expérimental.

Des rats blancs furent mis en expérience, une semaine après le sevrage (ils pesaient 30g environ) et soumis à un régime déficient en phosphore, le régime n° 85 des auteurs américains qui, du fait de l'addition de beurre, a sur le régime n° 84 l'avantage de permettre une croissance normale.

Ces animaux, placés à l'abri de la lumière, étaient divisés en trois lots. Ceux de la première catégorie n'étaient l'objet d'aucun traitement ultérieur. A ceux du deuxième groupe, on faisait chaque jour des irradiations ultraviolettes (5 minutes par jour) (1). Ceux du troisième lot étaient placés, chaque jour également, 5 minutes sous la lampe de quartz à vapeur de mercure, mais avec interposition de l'écran de Wood.

Au cinquantième jour de l'expérience, chez les animaux non irradiés on notait des altérations rachitiques, vérifiées par les clichés radiographiques et l'examen histologique. Chez les animaux soumis à l'irradiation ultraviolette totale, le rachitisme ne se développait pas.

Par contre la lumière de Wood ne semblait pas posséder la même action protectrice puisque les rats du troisième lot montraient les mêmes modifications épiphysaires que celles des animaux non irradiés.

Mais ce résultat devait être infirmé par une nouvelle série d'expériences.

M. Nogier a, par la spectrographie, identifié les radiations ultraviolettes que laisse passer notre écran de Wood; nous avons alors appris que, pour nous mettre dans des conditions expérimentales identiques, il nous fallait laisser les animaux dix-huit fois plus longtemps sous la lumière de Wood que sous la lumière ultraviolette non filtrée par l'écran.

Nous avons réalisé ces conditions dans une seconde expérience. Deux lots de rats au régime rachitigène furent soumis, les premiers, aux rayons

(1) Brûleur Gallois à lampe de quartz 1500 bougies, 110 volts à distance de 57cm.

ultraviolets sans interposition de l'écran de Wood (5 minutes par jour); les seconds à la lumière de Wood (90 minutes par jour). Aucun d'entre eux ne présenta de signes de rachitisme.

On peut donc conclure que parmi les rayons de l'ultraviolet ceux qui répondent aux radiations de Wood (c'est-à-dire aux radiations voisines de 3650 angströms) possèdent une action protectrice sur le développement du rachitisme expérimental.

ZOOLOGIE. — *Présence de deux oiseaux de mer dans l'estomac d'une Baudroie.* Note (1) de M. R. **Legendre**, présentée par M. J.-L. Breton.

J'ai déjà signalé (2) l'abondance croissante en ces dernières années, des bancs de Langoustines sur les fonds vaseux qui bordent, à une centaine de mètres de profondeur, les côtes de l'Atlantique, au sud de la Bretagne et de l'embouchure de la Loire. Leur pêche occupe maintenant, pendant une grande partie de l'année, de très nombreux voiliers qui ramènent dans leurs chaluts des spécimens variés de la faune de cette zone. On y trouve fréquemment des Baudroies (*Lophius piscatorius* L.) de toutes tailles depuis 10^{cm}.

Un de ces poissons, de près de 1^{m} de long, fut ainsi rapporté le 26 mai dernier à la criée de Concarneau et, selon l'usage, coupé transversalement afin qu'on n'ait à expédier que la partie postérieure. En sectionnant l'estomac, on y trouva deux oiseaux de mer qui furent remis au Laboratoire maritime du Collège de France. L'un d'eux était un jeune Macareux moine [*Fratercula arctica* (L.)] de 27^{cm} de longueur totale, l'autre un Guillemot à capuchon [*Uria troille* (L.)] adulte de 44^{cm}. Tous deux étaient en parfait état de fraîcheur : peau ferme, plumes solidement implantées, organes et musculature non altérés, indiquant une déglutition toute récente; seuls les yeux étaient déjà en partie fondus. Le Guillemot portait une blessure saignante au cou; des Nématodes vivants logeaient dans son œsophage et son cloaque.

La présence de poissons dans le tube digestif des oiseaux de mer est un fait d'observation banale sur toutes les côtes et l'on s'est même préoccupé maintes fois (notamment McIntosh) des ravages faits dans les bancs de

(1) Séance du 7 juin 1926.

(2) *Association française pour l'avancement des Sciences*, 48e session, Liége, 1924, p. 987.

poissons par de nombreuses espèces, particulièrement les Guillemots qu'on a accusés d'être une cause de dépeuplement de la mer. La présence d'oiseaux dans l'estomac de poissons est par contre une rareté dont la constatation pose plusieurs problèmes qui méritent, je crois d'être indiqués.

Tout d'abord, il faut écarter l'hypothèse que la Baudroie en question a englouti des proies déjà mortes. Elle est un habitant du fond et les oiseaux tués ne coulent pas immédiatement, si bien que la rencontre eût été impossible. L'état de fraîcheur des proies oblige à admettre qu'elles ont été ingérées vivantes. On connaît le mode de pêche de la Baudroie, à l'affût, sur le fond, au moyen du long filament à extrémité foliacée que forme le premier rayon de sa nageoire dorsale. On sait aussi sa voracité, et il n'est d'ailleurs pas rare de trouver des Baudroies ayant avalé des Langoustines entières. A moins donc que, par hasard, les oiseaux aient été pris dans le chalut pendant sa remontée, puis mangés par la Baudroie une fois le contenu de la poche du filet arrivé sur le pont du bateau, il faut admettre que les deux oiseaux étaient venus près du fond, vers 80 à 100^{m}, à portée de la vaste gueule, peut-être attirés par le filament pêcheur qui la surmonte. Dans ce cas, ce serait une indication de la grande profondeur à laquelle peuvent plonger les Macareux et les Guillemots. Je ne connais pas de données précises sur ce point.

En outre cette observation sera à retenir par les parasitologues, si constamment embarrassés par les divers stades larvaires qu'ils rencontrent dans les animaux marins; un stade observé chez un oiseau pourrait ainsi continuer son développement dans un poisson.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'action quantitative de l'hormone folliculaire.* Note de M. **R. Courrier**, présentée par M. Widal.

L'étude des hormones morphogènes d'origine génitale conduisit quelques auteurs et surtout Pézard à énoncer des lois d'action des sécrétions internes.

Certaines de ces lois sont quantitatives; nous laisserons de côté les discussions qu'elles ont fait naître et nous ferons simplement remarquer que les données numériques dont il s'agit ne s'appliquent qu'au support anatomique et ne renseignent nullement sur la quantité d'hormone, l'activité cellulaire étant variable.

Mais si nous nous adressons à la femelle des Mammifères, nous avons à notre disposition un moyen très simple nous permettant d'entreprendre des recherches précises sur l'action quantitative d'une hormone ovarienne, du fait que cette hormone se trouve dans une humeur organique : le liquide folliculaire.

Les recherches d'Allen et Doisy et les nôtres ont mis en évidence que ce liquide possède un pouvoir endocrinien remarquable. Injecté à une femelle castrée, il déclanche en quelques heures les diverses manifestations du rut. Nous avons montré que l'une de ces manifestations se prête aisément à l'analyse; c'est la réaction de l'épithélium vaginal chez le Cobaye. Cet épithélium, qui est unistratifié chez l'animal castré, devient pluristratifié sous l'influence du liquide folliculaire.

Nous pouvons donc d'une part nous rendre compte de la quantité d'hormone par la quantité de liquide injecté, et d'autre part évaluer la grandeur de la réaction par le nombre des assises épithéliales du vagin. Mais le facteur temps intervient dans cette réaction, car l'hormone injectée à un castrat s'épuise; après une certaine période d'activité, les mitoses épithéliales du vagin cessent de se produire et il y a invasion leucocytaire.

Ces faits étant connus, nous avons entrepris l'étude de l'action quantitative de l'hormone folliculaire.

Nous dirons tout d'abord que si l'on injecte à un Cobaye castré 2^{cm^3} de liquide prélevé au niveau de follicules mûrs de Truie, on constate que la réaction vaginale se poursuit encore 48 heures après l'injection; elle est décelée par la présence de mitoses épithéliales et par l'absence de leucocytes.

Nous avons alors réalisé l'expérience suivante :

On choisit des Cobayes femelles, de même âge, de même poids et castrés depuis la même époque. On injecte à chacun d'eux une quantité variable du même liquide folliculaire; soit 2, 6, 8, 12, 18^{cm^3}. On sacrifie les animaux 46 heures après l'injection; l'examen histologique révèle que l'épithélium vaginal a réagi et qu'il est encore en activité mitotique. Mais bien que les Cobayes aient reçu des doses très différentes de liquide folliculaire, leur réaction vaginale est identique. Si l'on fait abstraction de quelques différences individuelles (2 animaux ayant reçu une quantité égale du même liquide montrent parfois des réactions inégales), on se rend compte qu'il n'existe aucun rapport entre l'intensité de la prolifération épithéliale et les quantités variables d'hormone mises en œuvre dans des temps égaux. On peut donc affirmer que, dans les limites de ces expériences, *la quantité*

d'hormone n'a pas eu d'influence sur la vitesse de la réaction. Cette réaction est représentée par un processus mitotique au niveau de l'épithélium vaginal. Il est intéressant de noter que certains agents augmentent la vitesse de la division cellulaire; l'hormone folliculaire déclanche la mitose, mais ne la précipite pas.

MATIÈRE MÉDICALE. — *Le* Yocco, *nouvelle drogue simple à caféine*. Note de MM. **Em. Perrot** et **Al. Rouhier**, présentée par M. L. Guignard.

On connaît seulement un petit nombre de végétaux dans lesquels on a pu isoler la caféine, qui s'y trouve répartie, tantôt dans les feuilles (*thé*, *maté*, *café*), tantôt dans les fruits et graines (*café*, *paullinia*, *cola*, *cacao*). Les parties riches en caféine sont utilisées comme aliments de luxe ou comme médicaments et produisent une excitation euphorique recherchée.

Jusqu'alors aucune écorce n'était connue qui puisse être rangée dans ce groupe, bien que les analyses chimiques aient montré que la caféine existe à très faible dose dans les jeunes tiges du *Coffea arabica* L., du *Coffea liberica* Hiern. et aussi les ramilles qui accompagnent les feuilles du maté commercial.

Réunissant, depuis plusieurs années, des matériaux d'études sur les drogues et préparations euphoriques ou sensorielles des indigènes de l'Amérique centrale et équatoriale, notre attention a été retenue par l'une d'elles dont il a été facile d'extraire une substance cristallisable présentant certaines réactions des alcaloïdes.

Il s'agit de l'écorce de tige d'une plante connue sous le nom de *Yocco* dans les districts méridionaux de la Colombie, en particulier dans les régions sauvages du Putumayo et du Caqueta.

Cette drogue n'est connue que par quelques renseignements dus au Dr Zerda Bayon, qui voyagea dans ces régions en 1905, et plus récemment par les notes de M. Fernand Claès, recueillies au cours de son exploration chez les Indiens Corroguajes, dans le Caqueta, en 1925.

Assez abondant à l'état spontané dans les forêts, le *Yocco* est cultivé par les indigènes, qui en ont toujours une provision dans leur case ou dans leur canot. Ils lui attribuent en effet la vertu d'éviter la fatigue, la faim et les maladies, de procurer l'agilité et l'endurance nécessaires pour la chasse, pour les longues expéditions en canot ou pour les courses en montagne.

L'absorption de la drogue se fait ainsi : l'écorce est raclée pour enlever

le liège mince mais verruqueux; puis, ainsi nettoyée, elle est divisée en menus fragments qu'on fait macérer dans l'eau pour être consommée chaque matin au réveil, à une dose maximum correspondant à 5g d'écorce.

Les échantillons de *Yocco* reçus au laboratoire proviennent les uns du Consul de France à Quito, les autres de M. Claès, ce qui nous a permis un contrôle. Ce sont des tiges d'un diamètre moyen de 4cm, à surface gris brunâtre parsemée de petites éminences verruqueuses; l'écorce est mince et mesure au plus 0cm,5 d'épaisseur; le bois, épais, est assez compact et la moelle très réduite.

Au microscope, on trouve de volumineux laticifères et de nombreux cristaux prismatiques d'oxalate de calcium.

L'examen chimique permettant d'en retirer aisément un corps cristallisable, précipitant en milieu acide par les réactifs généraux des alcaloïdes, nous avons cherché à l'identifier dans les extraits obtenus par divers solvants. L'analyse a fourni les résultats suivants :

	Pour 100.
Humidité par dessiccation à 100°	12,31
Cendres	6,10
Extrait à froid avec 5 pour 100 d'alcool à 70°	3,46 et 3,81
Extrait à chaud par l'alcool à 70°	6,40
Extrait par l'eau bouillante	10,82

La teneur en principe cristallisé varie suivant le mode d'extraction et les nombres obtenus sont : 1,18 et 1,33 dans les teintures au $\frac{1}{5}$ avec l'alcool à 70°; 2,30 dans l'extrait alcoolique préparé à chaud; 2,08 dans l'eau bouillante; le maximum 2,73 pour 100 est atteint lorsque l'épuisement est effectué à l'aide d'eau acidulée (2 pour 100 d'acide chlorhydrique).

La substance obtenue cristallise facilement dans l'eau distillée, dans le chloroforme, en donnant des aiguilles fines, soyeuses, translucides, groupées en faisceaux ou en houppes. Elle présente les caractères et les réactions de la caféine :

Point de fusion (après dessiccation à 100°	+232°
Point de fusion (caféine anhydre)	+234°
Perte en eau à 100°	7/100

volatile sans résidu se sublime nettement à partir de 177°-180° ; inactive sur la lumière polarisée.

Très soluble dans le chloroforme et l'eau chaude; soluble dans 70 parties d'eau à + 20°; plus soluble dans l'eau acidulée; peu soluble dans l'alcool.

Elle donne la réaction de la tétraméthylalloxanthine; précipite en bleu par le ferricyanure de K, en présence d'acide azotique; précipite en solution aqueuse par l'acide

silicotungstique ou le tanin et donne un précipité blanc abondant, composé de fines aiguilles cristallines par la solution aqueuse saturée de bichlorure de mercure.

Deux microdosages d'azote (méthode de Kjeldahl modifiée) ont donné respectivement 26,1 et 26,3 pour 100 (quantité théorique pour $C^8H^{10}N^4O^2 + H^2O = 26,415$).

Il semble donc bien que l'on se trouve en face d'une nouvelle drogue à caféine qui doit prendre place à côté du café, du thé, du maté, du guarana, de la kola, et ainsi se trouve justifié l'emploi comme excitant euphorique qu'en font les vieilles races indigènes d'une partie de la Colombie.

A 16^h, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de membre non résidant, vacante par la mort de M. *Gouy*, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne	M. **Pierre Weiss**.
En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique.	MM. **Lucien Cuénot**, **Emile Mathias**, **Charles Nicolle**, **Magnus de Sparre**, **Henri Villat**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^{h}45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 15 juin 1926, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Victor Grignard** pour occuper la place de membre non résidant vacante par le décès de M. *W. Kilian*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** annonce en ces termes le décès de Sir *Philip Watts*, Correspondant de l'Académie :

J'ai le regret d'annoncer à l'Académie la mort — survenue à Londres le 15 mars dernier, mais que nous venons seulement d'apprendre — de l'un de ses Correspondants pour la Section de Géographie et Navigation, Sir **Philip Watts**, né à Greenwich le 30 mai 1846.

Tout d'abord, attaché jusqu'en 1885 au Service de l'Amirauté, Sir Philip Watts avait pris part à l'étude des premiers cuirassés à tranches cellulaires.

Devenu ensuite chef du département naval de la maison Armstrong-Withworth, il a présidé à la construction de nombreux navires de guerre, destinés à la Grande-Bretagne et à diverses marines étrangères.

Appelé, en 1902, à la tête de la Section des Constructions navales de l'Amirauté, il faisait, deux ans plus tard, mettre en chantier le fameux *Dreadnought* qui a rendu célèbre son nom. On lui doit en outre les plans des premiers *Superdreadnought*.

Membre de la Royal Society, Sir Philip Watts avait été élu, le 4 novembre 1918, Correspondant de notre Académie.

Ses principales études techniques ont porté sur le roulis des navires et les moyens de le diminuer par l'addition de *waterballast*.

Il a, d'autre part, élucidé l'importante question des rapports qui existent entre la vitesse d'un bâtiment et la profondeur de l'eau sous la quille.

Sir Philip Watts laissera le souvenir d'un brillant ingénieur naval, doublé d'un administrateur perspicace.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbra, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le tome cinquante-huitième (deuxième série) des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France* est en distribution au Secrétariat.

Sur la proposition de M. le **Secrétaire perpétuel**, l'Académie décide que la prochaine séance publique annuelle aura lieu 13 décembre 1926.

MÉTÉORITES. — *Note préliminaire sur un aérolithe découvert dans le département de la Côte-d'Or et, à ce propos, remarques sur la classification et la nomenclature des chondrites.* Note de **M. A. Lacroix**.

Au cours d'une recherche sur les minerais de fer du Châtillonnais (Côte-d'Or), M. C. Courtois reçut comme tel un bloc à facies limoniteux dont la cassure était différente de celle de toutes les roches de la région ; le polissage d'une surface lui ayant fait voir des particules métalliques, il songea à la possibilité d'une météorite pierreuse et voulut bien me consulter. Sur ma réponse affirmative, il s'enquit de l'origine de ce bloc ; l'enquête faite par M. Pion Rollin et dont le détail sera publié dans un autre Recueil, peut être résumée de la façon suivante :

Cette météorite a été recueillie vers 1890 au Tertre, en Villedieu, et transportée à Molesme, commune limitrophe, où elle a été placée sur le mur d'une cour, en présence de M. Pion Rollin qui l'y a retrouvée récemment. Mais tandis qu'elle avait à l'origine « un aspect bronzé comme si elle sortait d'une forge », elle était alors recouverte par une couche de mousses et de lichens. Un témoin a été rencontré qui se souvient avoir

entendu raconter, il y a quelque trente ans, par son grand-oncle, M. Victor Vaucher, de Molesme, qu'une nuit, revenant de la fête de Villedieu (28 mai ou le dimanche qui suit cette date), il entendit, par temps clair et étoilé, une détonation comparable au tonnerre, accompagnée par l'apparition d'une boule de feu traversant l'espace. Il a remarqué qu'elle tombait au lieu-dit le Tertre, en Villedieu, à 300^m de Molesme et qu'elle paraissait rouler sur le coteau, en se dirigeant vers les étangs de la Motte, c'est-à-dire vers l'endroit où la pierre a été recueillie; quant à la date elle n'a pu être fixée. Ces renseignements, bien que n'étant pas aussi précis qu'on pourrait le désirer, permettent de penser, en tous cas, que ce phénomène doit être en relation avec la chute de la météorite qui fait l'objet de cette Note et, en outre, on peut assurer que cette météorite n'a rien de commun avec celle tombée, le 30 mai 1866, à 3^h30 à Saint-Mesmin, commune du département de l'Aube, située (à vol d'oiseau) à 64^{km}, 30°NW de Molesme, les pierres de ces deux localités étant différentes.

La météorite de Villedieu, d'abord déposée au Musée de Châtillon-sur-Seine, a été offerte par le maire de cette ville au Muséum national d'histoire naturelle; elle y a pris place dans une vitrine, où je viens de réunir des échantillons, parfois entiers, de presque toutes celles des météorites qui, tombées sur le sol français, ont pu être recueillies. Le nombre de ces chutes s'élève à cinquante [1], abstraction faite de plusieurs autres qui sont douteuses ou apocryphes.

Le poids initial de la météorite en question a dû être d'environ 14^{kg}; sa forme est celle d'un trièdre irrégulier et allongé dont la plus grande face serait remplacée par une surface très bombée; la seconde face, très large, ondulée plutôt que plane, mesure $30^{cm} \times 16^{cm}$; enfin la troisième est extrêmement bosselée, ses dimensions sont $30^{cm} \times 12^{cm}$.

Ces trois faces ou surface sont bien celles qui limitaient la météorite au moment de sa chute; on y distingue en effet, çà et là, des lambeaux discontinus et limonitisés d'une croûte fondue qui a dû en partie disparaître lorsque l'échantillon a été lavé à la brosse pour faire disparaître les lichens et mousses qui le recouvraient. On y voit aussi quelques piézoglyptes

---

(1) La plus ancienne est celle d'Ensisheim (Bas-Rhin) qui date du 16 novembre 1492, et la plus récente celle de Saint-Sauveur près Toulouse, du 19 juillet 1914.

Une autre vitrine est consacrée aux météorites tombées dans les colonies françaises; ces chutes sont au nombre de 14 : Indochine, 3; Algérie et Sahara algérien, 7; Sénégal, Soudan et Haute-Volta, 4.

rendus peu distincts par l'altération superficielle. L'extérieur est teinté d'un jaune qui contraste avec la couleur d'un noir verdâtre de la pierre normale, bien visible sur deux cassures artificielles limitant ses extrémités. Cette altération n'a atteint que la surface, car, à quelques millimètres de celle-ci, la roche apparaît intacte, très dure, très tenace; son tissu est fort serré; c'est certainement à cette propriété et à sa stagnation sur un mur, et non point dans la terre humide, qu'est due la fraîcheur de cette météorite, malgré son séjour de plus de vingt-cinq ans à l'air libre.

L'examen microscopique met en évidence les caractères des *chondrites* : Avant d'aborder une description sommaire, je voudrais présenter quelques considérations sur la classification et la nomenclature de ce groupe d'aérolithes, tel que je le comprends.

Les *chondrites* doivent être divisées en plusieurs sous-groupes, présentant entre eux une très grande analogie chimique, quand on ne considère que les molécules de leurs éléments sans faire état de l'oxygène; par contre, elles diffèrent entre elles par le degré d'oxydation de ces éléments, et c'est là la propriété qui détermine leurs variations de composition minéralogique. Théoriquement l'on peut considérer trois sous-groupes possibles : *pyroxénique*, *pyroxéno-péridotique* et enfin *péridotique*, suivant leur richesse en oxyde ferreux et par suite leur teneur décroissante en fer métallique, celui-ci étant d'autant plus pauvre en nickel qu'il est plus abondant. En réalité, le sous-groupe péridotique, ne renfermant que des orthosilicates, et dont l'équivalent parmi les achondrites a été fourni par la seule chute de Chassigny, n'a pas été observé jusqu'ici dans les chondrites; il n'y a donc à considérer que les deux premiers sous-groupes.

Chondrites pyroxéniques. — Le fer n'existe qu'à l'état métallique, ou de sulfure; il présente là son minimum de teneur en nickel; le pyroxène est de l'enstatite pure; le calcium se trouve en partie à l'état de sulfure (oldhamite). Ce type de chondrite n'a été observé que dans six chutes, parmi lesquelles figure celle de Saint-Sauveur.

Chondrites pyroxéno-péridotiques. — Ici il existe de nombreuses variations, de moins en moins riches en fer métallique, au fur et à mesure que les silicates deviennent plus ferrugineux.

Les types les plus riches en fer nickélé renferment comme pyroxène de la bronzite; ceux dépourvus de fer métallique ou pauvres en ce métal, de l'hypersthène très ferreux.

Il résulte de ce court exposé que, pour classer les chondrites au point de vue minéralogique, on peut se servir indifféremment de la nature de leur pyroxène, de l'importance ou de la composition de leur fer nickélé. M. Prior a basé sa terminologie (*chondrites à bronzite, chondrites à hypersthène*) sur le premier caractère. Il me paraît plus commode pour l'ensemble du groupe des chondrites de faire appel, en premier lieu, à la teneur en fer métallique qui peut être appréciée par l'observation directe d'une surface polie sans intervention de l'analyse chimique, qui n'est pas toujours possible; ce procédé a aussi l'avantage de maintenir dans la nomenclature la

continuité avec les autres groupes de météorites (sidérites, lithosidérites), où la teneur en fer métallique constitue le caractère cardinal.

Par analogie avec le principe que j'ai appliqué aux roches terrestres contenant du quartz ou des feldspathoïdes, j'appelle chondrites *sidériques* celles où le fer est le plus abondant, celles où il n'existe qu'à l'état métallique (les chondrites pyroxéniques) et chondrites *sidérifères*, celles où il existe en moindre quantité à l'état métallique, une autre partie du fer se trouvant à l'état silicaté (chondrites pyroxéno-péridotiques); ces dernières peuvent être subdivisées à leur tour en chondrites *mégasidérifères* (types à bronzite), et enfin *oligosidérifères* et *cryptosidérifères* (types à hypersthène); il me paraît logique de comprendre dans ces dernières les météorites appelées jusqu'ici *amphotérites*, qui sont généralement considérées comme des achondrites, mais où, en réalité, les chrondes sont souvent fort abondants. Il ne faut pas oublier que, quel que soit le point de vue auquel on se place, les limites de ces subdivisions, utiles pour les descriptions, ne peuvent être qu'arbitraires, les analyses, aussi bien que l'étude microscopique, montrant la continuité de la série chondritique. Tels sont là les seuls groupements qu'il soit possible d'y établir sur une base minéralogique et chimique; tous les autres, qui ont été distingués par divers auteurs, ont été établis sur des erreurs de diagnostic minéralogique ou bien sur des caractères de structure ou de texture.

Dans cette nomenclature, la météorite de Molesme est une chondrite pyroxénopéridotique mégasidérifère. Sur une surface polie, le fer nickélé apparaît abondant, englobant les silicates et moulé par la pyrrhotite, mais l'examen métallographique fait voir, en outre, qu'il renferme des plages micrographiques de pyrrhotite; la cristallisation du sulfure s'est donc prolongée plus longtemps que celle du métal.

Je ne donnerai ici que quelques indications préliminaires sur la partie silicatée qui ne saurait être décrite fructueusement sans figures; elle comprend les minéraux suivants : bronzite, clinobronzite (localement cerclées de diopside-bronzite), olivine, avec seulement traces d'un feldspath non maclé. Les chondres, déjà visibles sur une surface polie, et présentant la coloration noirâtre de l'ensemble de la roche dont l'aspect rappelle celui de la chondrite de McKinney, apparaissent au microscope comme très nombreux et très variés de composition et de structure. Ils correspondent aux types suivants : chondres simples, monosomatiques ou polysomatiques d'olivine, polysomatiques de bronzite (à fibres excentriques ou enchevêtrées) et de clinobronzite (porphyriques); chondres composés, avec fréquence de la structure porphyrique et en tous cas antériorité de l'olivine sur les pyroxènes quels qu'ils soient. Les chondres pyroxéniques prédominent; ils sont parfois brisés.

Cette chondrite ne présente ni veinules ni structure bréchiforme.

PHYSIOLOGIE. — *Effets protecteurs des injections salines préalables sur l'anesthésie chloroformique.* Note de MM. **Charles Richet** et **P. Lassablière.**

Tous les chirurgiens et tous les physiologistes savent que le principal danger de l'anesthésie chloroformique, c'est la syncope cardiaque. Il y a donc grand intérêt à trouver le moyen d'empêcher cette intoxication (mortelle) des ganglions cardiaques. L'atropine, la scopolamine et d'autres substances encore ont été employées parfois à cet effet. Mais leur usage n'est pas sans inconvénient, et les résultats sont contradictoires.

Or nous avons vu que, si l'on fait avant l'inhalation chloroformique l'injection veineuse d'une solution hypertonique de chlorure de sodium, il ne se produit pas alors de syncope cardiaque, pourvu que la quantité injectée soit suffisante.

Le chloroforme était toujours donné de la même manière. Une quantité connue (12^{cm^3}) était versée sur de l'ouate, mise dans le masque habituel, en prenant soin que l'air arrive en proportions suffisantes.

Voici quelques exemples de l'anesthésie après injection saline.

A. Un chien de 18^{kg} reçoit dans la veine une injection de 180^{cm^3} d'une solution de chlorure de sodium à 28^g par litre. Il inhale d'abord 12^{cm^3} de chloroforme et au bout de 5 minutes il n'est pas endormi. On redonne 10^{cm^3} de chloroforme : une minute après il dort profondément. Le cœur et la respiration fonctionnent d'une manière irréprochable.

B. Une chienne de 13^{kg} reçoit dans la veine 130^{cm^3} de la même solution de chlorure de sodium 9° par litre. L'anesthésie est difficile. Pour arriver à la résolution complète il faut lui donner la dose énorme de 52^{cm^3} de chloroforme et l'anesthésie totale n'a été obtenue qu'au bout de 21 minutes : le cœur et la respiration n'ont pas été un seul instant en danger.

C. Un chien de $12^{kg},500$ reçoit dans la veine 125^{cm^3} d'une solution de chlorure de sodium à 38^g par litre (ce qui est la teneur de l'eau de mer en chlorure de sodium). Le sommeil survient très difficilement et seulement au bout de 18 minutes, après la dose énorme de 60^{cm^3} de chloroforme. Le cœur et la respiration n'ont jamais été en péril.

Opposons à ces trois expériences les anesthésies faites sur des chiens n'ayant pas reçu l'injection préalable de la solution saline.

D. Un chien meurt en 1 minute et demie d'une syncope cardiaque après inhalation de 12^{cm^3} de chloroforme.

E. Un chien après inhalation de 22^{cm^3} de chloroforme est tout à fait anesthésié. Le

cœur et la respiration fonctionnent bien. On le détache et on cesse la chloroformisation. Mais soudain, après 5 minutes d'une respiration qui paraît normale, le cœur s'arrête définitivement.

F. Un chien inhale 12^{cm^3} de chloroforme. Au bout de 2 minutes, syncope cardiaque. Malgré la respiration artificielle il meurt.

G. Au bout de 6 minutes d'inhalation chloroformique de 10^{cm^3}, mort, syncope cardiaque.

H. Un chien au bout de 3 minutes d'inhalation de 10^{cm^3} de chloroforme meurt de syncope cardiaque.

Voici une autre expérience qui montre bien cette influence de l'injection préalable de sérum salin; car, si la quantité injectée est trop faible, elle paraît être sans effet.

Un chien de 18^{kg} reçoit en injection intra-veineuse 5^{cm^3} par kilogramme (au lieu de 10^{cm^3} par kilogramme qu'ont reçus les autres chiens) d'une solution de chlorure de sodium à 38^{g} par litre. Inhalation de 12^{cm^3} de chloroforme. Mort au bout de 1 minute par syncope cardiaque.

Nous ne présentons ici ces faits que comme une communication préliminaire, car il reste encore bien des conditions à déterminer. Mais il nous a paru important, étant donnée l'innocuité absolue des injections salines, de montrer qu'alors la résistance du cœur s'est énormément accrue puisque nous voyons des quantités de chloroforme six fois plus grandes n'amener ni syncope, ni même menace de syncope, chez les chiens injectés.

Toutefois il faut remarquer qu'il y a un inconvénient à cette injection de sérum, à savoir une résistance plus grande à l'anesthésie même. Les animaux injectés s'endorment beaucoup plus difficilement, de sorte que ce ne sont pas seulement les ganglions cardiaques qui deviennent plus réfractaires à l'intoxication chloroformique, mais encore les cellules motrices et sensitives du système nerveux central.

Il y a d'ailleurs tant de différences entre les réactions du cœur chez le chien et chez l'homme qu'on ne peut, sans une témérité inexcusable, conclure du chien à l'homme, et que c'est l'observation clinique qui devra toujours décider souverainement.

Ce sera aux chirurgiens à décider si une résistance plus grande à l'anesthésie générale compense une résistance plus grande à l'intoxication cardiaque.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du nickel et du cobalt sur l'action exercée par l'insuline, chez le lapin.* Note [1] de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâcheboeuf.**

Comme nous l'avons communiqué récemment, le pancréas est un des organes les plus riches en nickel et en cobalt. En outre, les préparations d'insuline qu'on en tire sont encore plus riches : c'est ainsi qu'à poids égal on peut trouver des centaines de fois plus de nickel et de cobalt dans ces préparations que dans les glandes d'où elles ont été extraites [2].

Rapprochant ces résultats du rôle joué par le manganèse dans l'action oxydasique de la laccase [3], nous avons cherché si le nickel et le cobalt intervenaient d'une manière quelconque dans l'action hypoglycémiante de l'insuline.

Après quelques essais d'orientation, nous avons préparé, avec de l'eau de mer rendue isotonique, des solutions renfermant $0^{mg},1$ par centimètre cube soit de nickel, soit de cobalt (à l'état de sulfate ou de chlorure), puis nous avons comparé l'action hypoglycémiante de l'insuline en l'absence et en présence d'une proportion déterminée de chacune de ces solutions métalliques ou de leur mélange. En outre, afin de pouvoir tenir compte, s'il y avait lieu, de l'action des métaux sur la glycémie, nous avons essayé les solutions minérales sans insuline. Mentionnons tout de suite qu'aux doses (de $0^{mg},05$ à $0^{mg},01$ par kilogramme d'animal) auxquelles nous les avons ordinairement expérimentés, les deux métaux étaient sans effet appréciable.

Les animaux utilisés étaient à jeun depuis la veille (dernier repas à 15^{h}). On leur injectait les solutions sous la peau de l'abdomen, immédiatement après une première prise de sang. Celle-ci était faite directement dans le cœur. Il en était de même des suivantes, répétées généralement d'heure en heure, comme il est indiqué sur les graphiques.

Dans les expériences sur les lapins que nous rapportons aujourd'hui, les poids des animaux étaient compris entre 1500 et 2000^{g} et aussi voisins que possible dans chaque série.

L'insuline a été employée à la dose de $\frac{2}{5}$ d'unité clinique par 1500^{g}

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1305.

(3) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1032 et 1355.

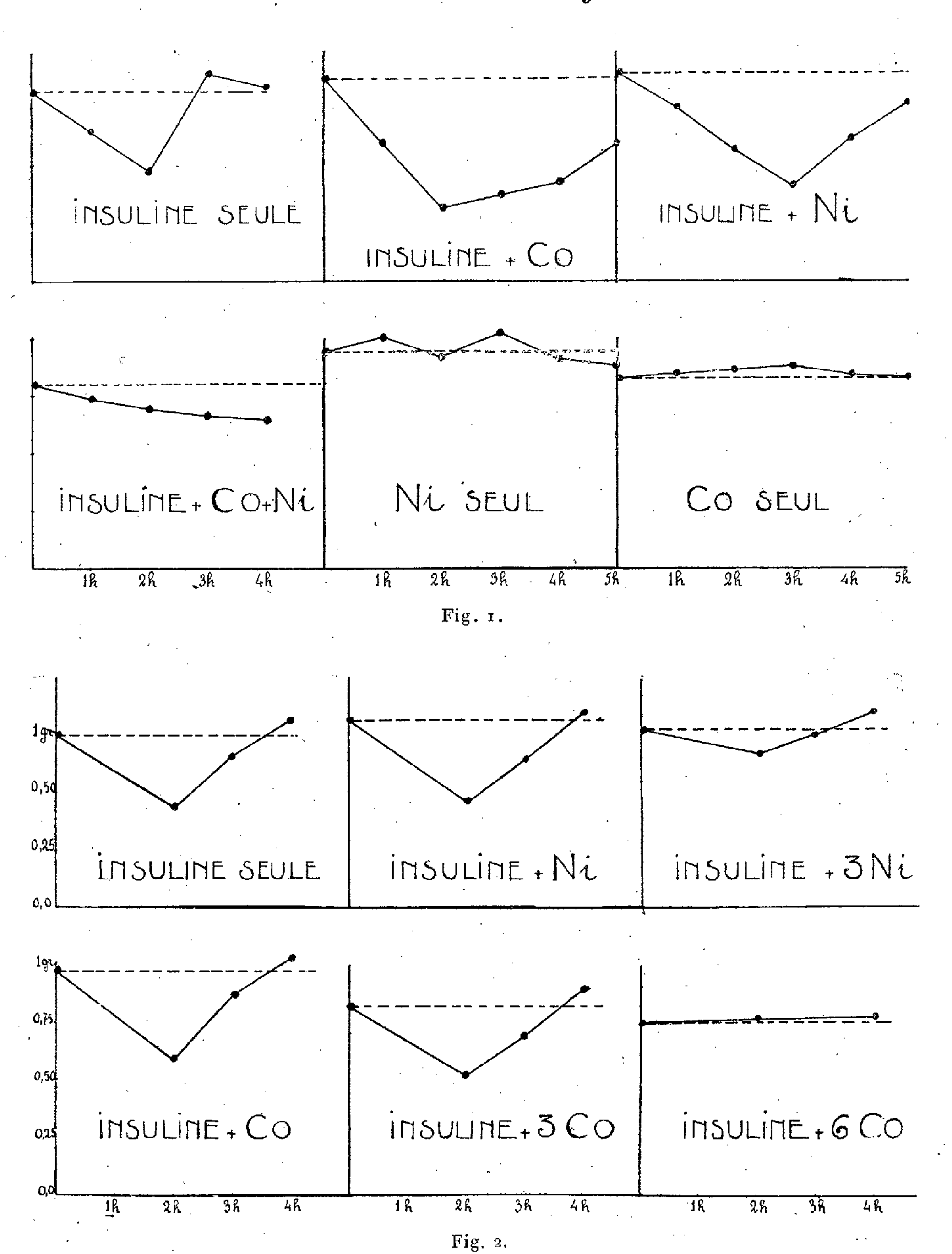

INSULINE SEULE
INSULINE + Co
INSULINE + Ni
INSULINE + Co+Ni
Ni SEUL
Co SEUL
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h 5h
1h 2h 3h 4h 5h
1gr
0,50
0,25
0,0
INSULINE SEULE
INSULINE + Ni
INSULINE + 3 Ni
1gr
0,75
0,50
0,25
0,0
INSULINE + Co
INSULINE + 3 Co
INSULINE + 6 Co
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h
1h 2h 3h 4h

Fig. 1.

Fig. 2.

d'animal dans les deux premières séries d'expériences et de $\frac{2}{5}$ d'unité clinique par 2000^g d'animal dans la troisième.

Quant aux solutions métalliques, on les a injectées, sauf indications con-

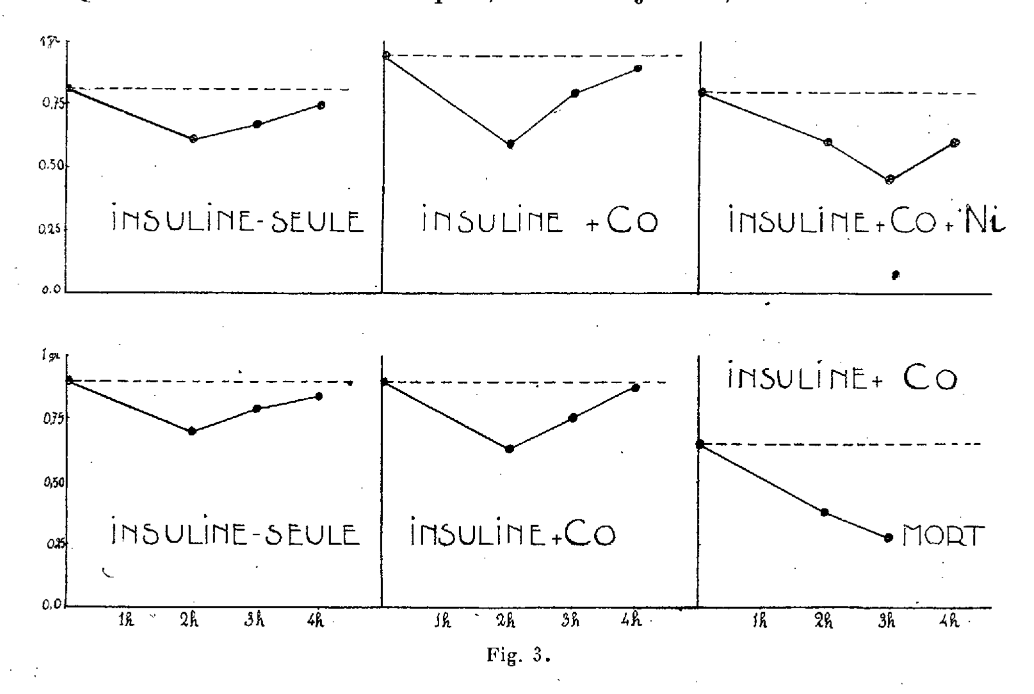


Fig. 3.

traires mentionnées sur les graphiques, à la dose de 1^cm³ par 1500^g d'animal dans toutes les séries. Pour les expériences avec le nickel et le cobalt réunis, on a injecté 1^cm³ du mélange à parties égales des deux solutions au lieu de 1^cm³ de chacune d'elles.

Notons enfin qu'à l'exception des expériences de la première série, les autres ont été faites en double, c'est-à-dire sur deux animaux à la fois. Les graphiques donnent alors la moyenne des résultats obtenus.

L'influence du nickel et du cobalt a été différente suivant les préparations d'insuline. Il fallait d'ailleurs s'y attendre, puisque ces préparations offraient des teneurs variables en métaux. C'est ainsi qu'une des préparations dans laquelle nous avions trouvé :

	Prise d'essai en		Proportions en millièmes de milligramme pour 100 unités.	
	unités cliniques.	matières organiques.	Ni.	Co.
Préparation commerciale en poudre lactosée....	100	880^mg	6	60

a fourni presque exactement les mêmes résultats sur le lapin en présence et en l'absence des deux métaux, essayés à la dose ordinaire de $0^{mg},067$ par kilogramme d'animal. Lorsque nous avons répété les expériences avec cette préparation en triplant et en sextuplant la dose de métal, il y a eu diminution, puis arrêt de l'action hypoglycémiante de l'insuline, au moins pendant les quatre heures qui ont suivi les injections. C'est ce qu'on voit sur les graphiques du tableau qui résume les résultats de la deuxième série d'expériences.

Avec d'autres préparations, au contraire, le nickel et le cobalt ont augmenté dans une proportion importante la quantité de sucre détruit. On en jugera au premier coup d'œil en comparant les surfaces comprises, sur chacun des graphiques des séries 1 et 3, entre la droite d'ordonnée constante égale à la glycémie initiale et la courbe des teneurs en sucre sanguin pendant les 4 à 5 heures qui suivent l'injection.

Une différence est à noter dans cette activation remarquable de l'insuline par le nickel et le cobalt suivant que les métaux sont ajoutés seuls ou associés.

Ajoutés seuls, ils ne modifient pas d'une manière sensible la vitesse de l'action hypoglycémiante, ils l'intensifient et la prolongent. Les deux métaux se comportent alors à peu près l'un comme l'autre. Tout au plus semble-t-il, avec les préparations dont nous nous sommes servis, que le cobalt soit un peu plus actif que le nickel.

Si l'on ajoute à la fois les deux métaux à l'insuline, moitié l'un et moitié l'autre, il devrait donc y avoir superposition de l'effet obtenu avec les précédents. Au contraire, la courbe d'hypoglycémie présente le plus souvent alors une autre allure : la vitesse de la destruction du sucre est ralentie tandis que sa durée est prolongée plus longuement que par les métaux ajoutés séparément. C'est comme si le mélange de nickel et de cobalt amortissait l'action de l'insuline, la régularisait et la rendait plus durable. On se rend très bien compte de cet effet en examinant les graphiques de la première série d'expériences.

Les faits que nous venons d'exposer comportent des conséquences théoriques et pratiques que nous nous proposons d'examiner à la suite de nouvelles expériences, destinées à compléter les précédentes. Nous nous contenterons, pour aujourd'hui, de faire ressortir la possibilité d'amélioration qualitative et quantitative des préparations d'insuline par l'addition, en proportions convenables, de nickel et de cobalt.

BIOLOGIE. — *Le processus membranogène et le développement régulier provoqués chez les œufs vierges d'Echinides par le seul traitement hypertonique.* Note (1) de M. E. Bataillon.

E. E. Just signalait, en 1922 (2), qu'un seul traitement par l'eau de mer hypertonique suffit au développement parfait des œufs d'*Arbacia*, avec *soulèvement de la membrane*.

On sait que Loeb avait abandonné sa méthode osmotique simple du début parce qu'elle ne produit *jamais* la membrane de fécondation, et n'aboutit qu'à des larves rampantes, incapables de nager en surface.

L'hypertonie utilisée par Just est beaucoup plus forte et obtenue avec deux chlorures monovalents (22 ou 24^{cm^3} d'une solution 2,5 M NaCl ou KCl + 78 ou 76^{cm^3} d'eau de mer). La membrane apparaît *dans le mélange sursalé;* et, si les œufs sont reportés à l'eau de mer ordinaire après un temps double de celui qu'a demandé le processus membranogène, le développement mène à des larves et à des plutei très actifs. Le traitement butyrique serait inutile et ne ferait que compliquer les opérations.

En 1924, L.-V. Heilbrunn (3) s'inscrit en faux contre ces résultats. La membrane de ces œufs d'*Arbacia* est *gonflée, mais non soulevée*. Elle ne se flétrit pas au contact de l'eau albumineuse. Dans ces conditions, la technique nouvelle ne diffère plus essentiellement de la méthode originelle de Loeb.

J'ai repris ces expériences au début de septembre 1925. Ne pouvant considérer la double action attribuée à l'osmose comme un cas particulier aux œufs d'*Arbacia*, j'ai usé de quatre formes différentes : *Arbacia æquituberculata*, *Sphærechinus granularis*, *Paracentrotus lividus*, *Psammechinus microtuberculatus*.

Et pour mieux dégager le processus physique, j'ai concentré couramment l'eau de mer par addition, en proportion variable, de la même eau de mer réduite à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{3}$ de son volume.

Notre *Arbacia* est certainement très voisin de la forme étudiée par Just. L'opti-

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) E.-E. Just, *Initiation of Development in the Egg of Arbacia* (*Biol. Bull.*, 43, 1922, p. 384 à 400)

(3) L.-V. Heilbrunn, *The Surface Tension Theory of Membrane Elevation* (*Biol. Bull.*, 46, 1924, p. 277 à 279).

mum de concentration auquel je me suis arrêté est cependant plus élevé (76 à 79 pour 1000, valeur exprimée en NaCl). Le 13 septembre 1925, avec 79 pour 1000, j'obtenais 75 pour 100 de membranes en moins de 15 minutes, et au retour à l'eau après 40 minutes d'immersion, au moins 60 pour 100 de larves et de plutei. Un traitement de 20 minutes est insuffisant, avec 60 minutes tout est cytolysé le lendemain. La concentration 76 pour 1000 donnait, pour 40 minutes d'exposition, $\frac{1}{5}$ de membranes et à peu près autant de larves très vigoureuses.

Ces quelques données sont tirées d'un tableau où la zone de rendement se détache avec une netteté impressionnante. Remarquons toutefois que les espaces périvitellins sont relativement réduits, que la membrane est d'une netteté variable et peut ne se soulever que légèrement et assez tard, même sur les œufs fécondés. Ce matériel ne se prêterait *pas toujours* aux vérifications par lesquelles Heilbrunn veut distinguer le gonflement du soulèvement, ni non plus, il faut le reconnaître, à la définition d'une technique nouvelle différant essentiellement de la méthode primitive de Lœb.

Mais voici des œufs (*Sphærechinus*, *Psammechinus* et même *Paracentrotus*) sur lesquels la membrane apparaît dans le milieu hypertonique adéquat, très distendue, et délimitant une sphère d'un diamètre égal au moins au triple du rayon plasmatique. J'ai provoqué le flétrissement de ces membranes par l'eau albumineuse; par ailleurs, l'œuf contracté dans le mélange sursalé se dilate au retour à l'eau ordinaire, et l'espace périvitellin se réduit sensiblement. Ajoutons que le contrôle paraît superflu quand on assiste au soulèvement, quand le cortex, largement détaché, n'adhère plus à l'œuf que par un point.

L'œuf de *Sphærechinus* est un matériel de choix pour ces expériences. Le 15 septembre, avec la concentration optima de 64,5 pour 1000 (valeur en NaCl), et une exposition de 25 minutes, je relevais plus de 90 pour 100 de membranes. Au troisième jour, la culture des *Plutei trapus*, nageant majestueusement en surface, était aussi belle que celle des témoins fécondés.

A la même époque (18 septembre) *Paracentrotus* fournissait des résultats semblables à la concentration 62 pour 1000 pour une exposition de 45 minutes. Ces titres plus faibles 64,5 et 62 rappellent ceux de Just pour *Arbacia*.

Interrompues à l'arrière-saison, ces recherches furent reprises en avril 1926 à des températures plus basses 15°-16° (au lieu de 19°-20°).

Mais pour obtenir des membranes en quantité suffisante, il fallut dépasser la concentration 80 pour 1000 avec *Paracentrotus* et *Psammechinus*, arriver même à 92 pour les œufs de *Sphærechinus*. Après un tel traitement, le rendement devenait *insigni-*

fiant : la cytolyse était presque générale au retour à l'eau de mer. Étant donnée la proportion des œufs immatures, j'ai mis en cause l'état du matériel. *La température,* à laquelle j'avais songé d'abord, dut être écartée. Au moins entre 15° et 20° elle paraît *sans action sur le processus membranogène* qui est à peine ralenti. Mais on va voir qu'*elle modifie la durée optima du traitement.* En mai, j'ai pu revenir pour les œufs de *Sphærechinus* vers les titres de l'an dernier, et obtenir 40 pour 100 de membranes à 66,8 pour 1000; et cela *aussi bien à* 15° *qu'à* 19°. Nous ne sommes pas à la pleine maturité et la fécondation ne donne guère mieux soit comme membranes, soit comme développements. Or, dans deux opérations faites simultanément avec les mêmes œufs à 16° et à 19° avec trois durées d'exposition (25, 35, 45 minutes), les larves étaient cantonnées dans les lots 25 et 35 minutes pour 19°, dans les lots 35 et 45 minutes pour 16°. Ici, l'action de la température est manifeste.

Les substances organiques non conductrices n'ont pas été employées. Mais si l'eau de mer concentrée donne les meilleurs résultats, j'ai contrôlé l'efficacité des chlorures monovalents, et même (avec un rendement bien moindre), d'un sel bivalent, $CaBr^2$).

Conclusion. — L'hypertonie suffit à provoquer sur les œufs vierges d'Echinides le processus membranogène et le développement régulier. C'est une technique générale, beaucoup plus simple que la méthode composite de Loeb, et elle donne des résultats aussi beaux.

Si le soulèvement de la membrane prêtait à controverse dans le cas d'*Arbacia* étudié par Just, il n'en est plus de même quand on s'adresse aux œufs de *Sphærechinus*, *Psammechinus* et *Paracentrotus*.

Je ne vois pas, du reste, que l'idée d'une chute de la tension superficielle à la base de l'activation (Heilbrunn) soit par là compromise, comme le pense Just.

De même si l'antagonisme posé par Loeb entre ses *deux traitements* paraît s'évanouir avec le traitement unique, les *deux temps du processus* parthénogénésique, isolés expérimentalement, restent distincts.

En 1904 [1] j'ai décrit et figuré sur l'œuf vierge de Lamproie, *en solution saline ou sucrée*, l'onde de contraction qui libère la membrane, identique à celle qui provoque l'imprégnation. Cette contraction, survenant brusquement *dans le sucre* après 24 heures d'immersion où même plus, marquait nettement, *dans les effets de l'hypertonie, une discontinuité*. La même discontinuité existe dans les expériences actuelles. Elle correspond (au seuil

---

(1) E. Bataillon, *Nouveaux essais de parthénogenèse expérimentale chez les Vertébrés inférieurs* (Rana fusca *et* Petromyzon Planeri) (*Arch. f. Entwik. Mech.*, 18, 1904, p. 18, et fig. 12, p. 19).

de la cytolyse) à la réaction de l'œuf qui change d'état et soulève son cortex en expulsant un « périvitellin ». L'action régulatrice de l'hypertonie, dont la durée ne peut être fixée que par tâtonnements, porte désormais sur un équilibre nouveau.

M. L. **Joubin** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé *Encyclopédie pratique du Naturaliste*. XXIV. *Les Mollusques d'eau douce*, par E. Chemin, dont il a écrit la préface.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie, avec les membres antérieurement désignés, à la session extraordinaire du *Conseil international de recherches*, qui se tiendra à Bruxelles le 29 juin 1926.

M. P. **Marchal** est désigné pour faire une lecture à la séance annuelle des cinq Académies le 25 octobre prochain.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre non résidant en remplacement de M. *G. Gouy*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 63,

M. Pierre Weiss	obtient.	26 suffrages
M. Charles Nicolle	»	15 »
M. Lucien Cuénot	»	12 »
M. Magnus de Sparre	»	6 »
M. Émile Mathias	»	3 »

Il y a 1 bulletin nul.

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Pierre Weiss	obtient.	47 suffrages
M. Charles Nicolle	»	12 »
M. Magnus de Sparre	»	3 »

M. **Pierre Weiss**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la Chaire de zoologie (mammifères et oiseaux) vacante au Muséum national d'histoire naturelle, M. Edouard Bourdelle est désigné pour la première ligne par 37 suffrages contre 18 à M. *Neveu-Lemaire*, 4 à M. *Lavauden* et 1 bulletin blanc; M. Neveu-Lemaire est désigné pour la seconde ligne par 32 suffrages contre 15 à M. *Lavauden*, et 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Edouard Bourdelle**.
En seconde ligne . . . . M. **Neveu-Lemaire**.

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Lécaillon** informe l'Académie qu'il retire la candidature qu'il avait posée à la *Chaire de Zoologie* (*Mammifères et Oiseaux*) du *Muséum national d'histoire naturelle*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The small Fruits of New-York*, by U. P. Hedrick assisted by G. H. Howe, O. M. Taylor, Alwin Berger, G. L. Slate, Olav Einset.

2° Compagnie de Fives-Lille. *Utilisation technique des recherches récentes sur la vapeur d'eau*. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

3° *Théorie des champs gravifiques*, par Th. de Donder. (Présenté par M. Kœnigs.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations de Maurer par des séries de fonctions homogènes.* Note de M. **A. Buhl.**

M. Cartan et moi [1] avons récemment indiqué, pour les équations de Maurer, deux méthodes d'intégration généralisant celle de Schur, la méthode de M. Cartan s'appliquant d'ailleurs à des systèmes plus complexes, analogues à ceux rencontrés par l'éminent géomètre dans sa Théorie des groupes infinis.

En poursuivant ces recherches, j'ai été ramené à une autre méthode de Schur [2] où l'intégration est effectuée par séries de Taylor et j'ai reconnu que l'emploi de ces séries n'était pas obligatoire; on peut les remplacer par des séries de fonctions homogènes, ces fonctions n'admettant nécessairement que des dérivées du premier ordre.

Soit le système de Maurer

$$\frac{\partial\theta^{s\rho}}{\partial\lambda_\tau} - \frac{\partial\theta^{s\tau}}{\partial\lambda_\rho} = c^s_{kj}\,\theta^{j\tau}\,\theta^{k\rho} \tag{1}$$

avec

$$\theta^{s\tau} = \frac{1}{1!}\,U_0^{s\tau} + \frac{1}{2!}\,U_1^{s\tau} + \frac{1}{3!}\,U_2^{s\tau} + \ldots, \tag{2}$$

$$\lambda^s = \lambda_\rho\,\theta^{s\rho} = \lambda_1^s + \lambda_2^s + \lambda_3^s + \ldots. \tag{3}$$

Les $U_m^{s\tau}$ et les λ_m^s sont des fonctions homogènes d'ordre m; les premières sont présentement inconnues, les secondes sont *arbitraires*. Si l'on compare

$$\frac{\partial\lambda^s}{\partial\lambda_\tau} = \lambda_\rho\,\frac{\partial\theta^{s\rho}}{\partial\theta_\tau} + \theta^{s\tau}$$

avec (1), multipliée par λ_ρ, où ρ devient alors indice de sommation, on a

$$\sum_{i=0}^{\infty}\frac{1}{i!}\,U_i^{s\tau} + c^s_{kj}\sum_{i=1}^{\infty}\lambda_i^k\sum_{i=0}^{\infty}\frac{1}{(i+1)!}\,U_i^{j\tau} = \sum_{i=1}^{\infty}\frac{\partial\lambda_i^s}{\partial\lambda_\tau},$$

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 954 et 956.

[2] F. Schur, *Zur Theorie der endlichen Transformationsgruppen* (*Mathematische Annalen*, 38, 1891, p. 263).

d'où les identifications

$$U_0^{s\tau} = \frac{\partial \lambda_1^s}{\partial \lambda_\tau},$$

$$U_1^{s\tau} + c_{kj}^s \lambda_1^k U_0^{j\tau} = \frac{\partial \lambda_2^s}{\partial \lambda_\tau},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$\frac{1}{m!} U_m^{s\tau} + c_{kj}^s \sum_{p=0}^{m-1} \frac{1}{(p+1)!} \lambda_{m-p}^k U_p^{j\tau} = \frac{\partial \lambda_{m+1}^s}{\partial \lambda_\tau}.$$

Dans le cas extrêmement particulier de $\lambda^s = \lambda_s$, ce raisonnement redonne les $\theta^{s\tau}$ avec lesquels, en vertu de

$$\theta^{s\tau}\theta_{s\rho} = \varepsilon_\rho^\tau,$$

Schur trouve pour les $\theta_{s\rho}$ son développement, bien connu et d'ailleurs fort ingénieux, où figurent les nombres de Bernoulli.

On sait que (1) peut être intégré avec des constantes arbitraires en nombre quelconque; ici l'assertion est évidente car il n'y a qu'à introduire de telles constantes dans les λ_i^s.

Dans la théorie du trièdre mobile, on a trois conditions d'intégrabilité relatives aux rotations, conditions dont nous rappellerons seulement la première

$$(4) \qquad \frac{\partial p}{\partial v} - \frac{\partial p_1}{\partial u} = q r_1 - r q_1.$$

Si, dans les p, p_1, q, q_1, r, r_1, on imagine une constante arbitraire ou variable auxiliaire t, il suffit de dériver (4) par rapport à t, en posant

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \xi, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial r_1}{\partial t} = \zeta_1$$

pour retrouver les conditions analogues à (4) mais relatives aux translations. On a ainsi une théorie qui met les translations dans la dépendance des rotations mais qui conserve une très grande généralité de par l'indétermination avec laquelle on peut introduire des constantes arbitraires dans les développements (3).

Enfin remarquons que, pour les équations

$$(\theta^s)' = c_{ij}^s[\theta^i\theta^j] + [\theta^\rho \omega_\rho^s],$$

introduites par M. Cartan dans la Note précitée et qui se réduisent à (1) quand les formes ω_ρ^s disparaissent, la méthode d'intégration précédente

s'applique encore pourvu que les coefficients de ces ω_ρ^s admettent des développements des types (2) ou (3). On peut même retrouver ainsi que les formes inconnues θ^s peuvent dépendre des variables auxiliaires appelées y_i par M. Cartan et qui jouent un rôle essentiel dans sa méthode générale d'intégration.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du premier ordre linéaires par rapport à la fonction et la variable.* Note (¹) de M. **Armand Cahen**, transmise par M. P. Appell.

J'ai introduit (²) la notion de *fonction de contact* $\Phi(y-px, p)$ $(p=y')$ et distingué l'intégrale générale ordinaire $E(xy, C)=0$ et l'intégrale de contact $T(y-px, p, C)=0$. $E=0$ est l'enveloppe des droites $T=0$, où p est la variable; si $T=0$ est résolue par rapport à C, $\Phi(y-px, p)=C$, Φ est le *coefficient intégral* de contact. Les intégrales singulières linéaires correspondent à des valeurs d'indétermination totale du coefficient intégral. Si l'indétermination peut être levée, l'intégrale n'est pas singulière.

Soit une équation (D) linéaire en x et y dans la double forme

$$(D) \qquad xf(p)+(y-px)\varphi(p)+\psi(p)\equiv xF(p)+y\varphi(p)+\psi(p)=0.$$

Les intégrales singulières sont linéaires; mais la réciproque n'est pas vraie. $f(p)\equiv F(p)+p\varphi(p)=0$ est l'équation *déterminante* des intégrales linéaires : ce sont des intégrales particulières de l'équation de Clairaut *adjointe* $(y-px)\varphi(p)\neq\psi(p)$. Le procédé d'intégration par différentiation, indiqué par d'Alembert (³) par l'équation (D) et exprimant finalement x et y en fonction de p et de C ne peut donner les intégrales linéaires, puisque pour chacune d'elles p est constant. Voici un procédé permettant de distinguer les intégrales linéaires ordinaires des intégrales singulières (⁴), fondé sur la méthode d'intégration que j'ai indiquée dans ma Note précitée, et que je me propose de compléter ici.

Tout d'abord si $f(p)\equiv 0$, on a une équation de Clairaut, pas d'intégrale

(¹) Séance du 14 juin 1926.

(²) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 15. Le multiplicateur indiqué dans cette Note doit être divisé par $\Theta-p$.

(³) *Hist. de l'Académie de Berlin*, 4, 1748, édition de 1750.

(⁴) Cf. E. Goursat, *Analyse*, 4ᵉ édition, 1925, 2, note de la page 327.

de contact, mais une intégrale générale bien connue. Si

$$F(p) + 2p\varphi(p) \equiv f(p) + p\varphi(p) \equiv 0,$$

le premier membre peut s'écrire $y - 2px - \psi : \varphi$, d'où l'intégrale de contact en égalant à une constante C l'expression $p(y - px) - \int(\psi : \varphi\, dp)$.

Dans les autres cas, soit $y = x\theta(p) + \psi(p)$ l'équation résolue en y avec $\theta(p) \not\equiv p$. Il existe un multiplicateur $\mathfrak{M}$ de la forme $e^{\int\frac{dp}{\theta - p}} : (\theta - p)$, tel que

$$\int \mathfrak{M}(y - \theta x - \psi)\, dp \equiv (y - px)\, e^{\int\frac{dp}{\theta - p}} - \int \mathfrak{M}\psi\, dp = C$$

soit l'intégrale de contact. $\mathfrak{M}$ est illusoire pour l'équation de Clairaut et se réduit à une constante pour $\theta = 2p$.

Inversement, supposons, pour fixer les idées, l'intégrale rationnelle en p

$$[(y - px)H(p) + K(p)]\frac{L(p)}{M(p)} = C \qquad \text{(H, K premiers entre eux).}$$

L'équation (D) correspondante a pour *déterminants* $LHM = 0$. Soit p_i une racine de $L(p) = 0$, d'ordre λ;

$$(y - p_i x) + H(p_i) + K(p_i') = 0$$

est une intégrale *remarquable* (au sens Darboux-Painlevé) d'ordre $\lambda + 1$ de $E(x, g, C) = 0$ pour $C = 0$. Soit p_j une racine simple de $M(p) = 0$;

$$(y - p_j x)H(p_j) + K(p_j) = 0,$$

rendant le coefficient intégral totalement indéterminé, est une *intégrale singulière*.

Si p_j est multiple d'ordre $\lambda + 1$, $(\lambda \geqq 1)$, l'indétermination peut être levée et $(y - p_j x)H(p_j) + K(p_j)$ est une intégrale ordinaire d'ordre λ pour $C = \infty$. C'est une solution remarquable si $\lambda > 1$. Enfin, si p_k est racine d'ordre λ de $H(p) = 0$, pour $p = p_k$ l'intégrale linéaire

$$(y - px)LMH' + LMK' + KML' - KLM' = 0$$

est une solution ordinaire, qui devient $y = \infty$ si $\lambda > 1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctionnelles linéaires.* Note de M. **Renato Caccioppoli.**

J'établis, dans les quelques lignes qui suivent, une démonstration, très simple à mon avis, de l'existence des fonctionnelles linéaires dans tout le champ des fonctions de Baire. Cette démonstration a l'avantage de fournir en même temps une définition constructive de l'intégrale généralisée de Stieltjes, et en particulier de l'intégrale de Lebesgue.

Soit $A|[f]|$ une fonctionnelle linéaire, définie dans le champ des fonctions de classe $< \alpha$. Nous entendons par là :

a. Qu'elle est distributive, c'est-à-dire que l'on a

$$A|[c_1 f_1 + c_2 f_2]| = c_1 A|[f_1]| + c_2 A|[f_2]|,$$

c_1 et c_2 étant deux constantes quelconques;

b. Qu'elle est bornée, c'est-à-dire qu'on peut assigner un nombre positif K tel que l'on ait toujours

$$|A|[f]|| \leqq K \max |f|;$$

c. Que la limite supérieure de sa valeur absolue, dans le champ des fonctions f dont la valeur est zéro hors des points d'un ensemble E, et pour lesquelles $\max|f| \leqq 1$ est une fonction additive d'ensemble, que nous désignerons par H(E).

Nous démontrerons que cette fonctionnelle est aussi continue, dans le sens le plus général de ce mot, c'est-à-dire que le passage à la limite sous le signe A, dans le champ fonctionnel envisagé, est permis sans restriction, ou bien, ce qui revient au même, que l'on a toujours

$$\lim_{n \to \infty} A|[\varphi_n]| = 0,$$

lorsque la suite des fonctions φ_n, de classe $< \alpha$ et bornées dans leur ensemble, tend vers zéro, que la convergence soit uniforme ou non.

Donnons-nous en effet un nombre positif ε, et bornons la fonction φ_n à $-\varepsilon$ et ε. Posons ensuite

$$\varphi_n = [\varphi_n]_{-\varepsilon}^{\varepsilon} + \psi_n.$$

On a $\psi_n = 0$ hors de l'ensemble E_n des points où $|\varphi_n| > \varepsilon$. Les fonctions ψ_n sont bornées dans leur ensemble; soit M une borne supérieure de leur

valeur absolue. On a alors

$$\left|A\,|[\varphi_n]|\right| \leqq K\varepsilon + MH(E_n).$$

Or on aperçoit bien aisément que

$$\lim_{n \to \infty} H(E_n) = 0,$$

car, s'il n'en était pas ainsi, il y aurait des points communs à une infinité d'ensembles E_n (1), ce qui est impossible puisque alors, en ces points, on n'aurait pas $\lim_{n\to\infty} \varphi_n = 0$.

Il s'ensuit, ε étant un nombre positif quelconque :

$$\lim_{n\to\infty} A\,|[\varphi_n]| = 0.$$

Du théorème démontré on tire immédiatement cette conséquence :

Si une suite de fonctions de classe $< \alpha$, bornées dans leur ensemble,

$$f_1, \quad f_2, \quad f_3, \quad \ldots$$

converge vers une fonction de classe α, la limite de $A\,|[f_n]|$ est bien déterminée et finie.

En effet, d'après le théorème précédent, la condition de convergence de Cauchy est remplie.

La fonctionnelle $A|[f]|$ s'étend donc d'elle-même à toutes les fonctions de classe α; et l'on voit immédiatement qu'elle conserve dans le nouveau champ fonctionnel les propriétés par lesquelles nous l'avons définie.

Or les fonctionnelles linéaires, telles qu'on les définit habituellement dans le champ des fonctions continues, jouissent évidemment de ces propriétés.

On peut donc démontrer par récurrence que toute fonctionnelle linéaire, définie pour les fonctions continues, s'étend au champ de toutes les fonctions représentables analytiquement.

Il en découle, puisque toute fonctionnelle linéaire est une intégrale de Stieltjes, une définition constructive de l'intégrale généralisée de Stieltjes; et en particulier de l'intégrale de Lebesgue, si la fonctionnelle envisagée est l'intégrale de Riemann.

---

(1) C'est là une généralisation très simple du lemme bien connu d'Arzelà.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les espaces abstraits.* Note de M. A. **Tychonoff**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous entendons par *espace* (1) un ensemble E d'éléments quelconques, où certains sous-ensembles dits *ensembles fermés* (dans E) se trouvent définis d'une façon quelconque satisfaisant aux conditions suivantes :

1° La somme de deux ensembles fermés et la partie commune à un système quelconque d'ensembles fermés est encore un ensemble fermé;

2° Un ensemble ne contenant qu'un seul point, de même que l'espace entier, est fermé.

Les ensembles complémentaires aux ensembles fermés s'appellent *ouverts*. Un ensemble ouvert quelconque contenant un point ou un ensemble donné X s'appelle *voisinage* (2) de X.

Un espace est dit *normal* s'il existe pour tout couple d'ensembles fermés sans points communs deux voisinages disjoints.

Une catégorie particulièrement importante d'espaces est celle des espaces bicompacts, qui sont complètement caractérisés, par exemple par leur propriété suivante :

Théorème de Borel-Lebesgue. — *Quel que soit le système d'ensembles ouverts recouvrant l'espace donné, on en peut extraire un sous-ensemble fini, jouissant de la même propriété.*

2. Revenons aux espaces quelconques. Un système S d'ensembles ouverts s'appelle *base* (3) de l'espace E si tout ensemble ouvert G peut être formé par réunion de certains ensembles du système S (par exemple, le système de tous les intervalles aux extrémités rationnelles forme une base du continu arithmétique).

---

(1) Nous ne considérons dans cette Note que les espaces accessibles de M. Fréchet. Cf. pour les questions de terminologie A. Tychonoff et Vedenissoff, *Sur le développement moderne de la théorie des espaces abstraits* (*Bull. Sc. math.*, 2e série, 50, 1926, p. 15), où l'on trouvera des renseignements bibliographiques concernant surtout les travaux de MM. Fréchet, Hausdorff, Urysohn et Alexandroff.

(2) L'importance des voisinages tient à ce qu'on peut s'en servir pour définir, de la façon habituelle, les points d'accumulation. Or *la classe des ensembles contenant leurs points d'accumulation, coïncide alors avec la classe des ensembles fermés définie* a priori.

(3) On obtient les mêmes points d'accumulation en ne considérant, comme voisinages, que les domaines appartenant à une base donnée, d'ailleurs quelconque.

3. Cela posé, on peut exprimer comme il suit le résultat principal de la Note présente :

Théorème. — *Quel que soit le nombre cardinal m, il existe un espace normal et bicompact* R_m *satisfaisant aux conditions suivantes :*

1° *L'espace* R_m *possède une base de puissance* $\leqq m$;

2° *Tout espace normal* E *possédant une base de puissance* $\leqq m$ *est homéomorphe à un sous-ensemble de l'espace* R_m.

4. La construction de l'espace R_m est très simple. Considérons un ensemble de puissance m d'exemplaires $\mathfrak{z}_\alpha$ du segment linéaire $0 \leqq t \leqq 1$. Un point x de l'espace R_m est alors par définition un ensemble (de puissance m) de « coordonnées » t_α, $0 \leqq t_\alpha \leqq 1$, tout t_α appartenant au $\mathfrak{z}_\alpha$ correspondant, et tout I_α étant représenté de la sorte. Nous exprimons cette définition en écrivant simplement : $x = \{ t_\alpha \}$.

Les voisinages dans R_m sont définis de la façon suivante. Soit $x_0 = \{ t_\alpha^0 \}$ un point arbitraire de R_m. Considérons un nombre fini k quelconque de segments $\mathfrak{z}_\alpha$, à savoir $\mathfrak{z}_{\alpha_1}, \mathfrak{z}_{\alpha_2}, \ldots, \mathfrak{z}_{\alpha_k}$, et choisissons pour tout α_i, $1 \leqq i \leqq k$, deux nombres rationnels τ'_i et τ''_i tels que $\tau'_i < t^0_{\alpha_i} < \tau''_i$; considérons l'ensemble de tous les $x = \{ t_\alpha \}$ tels que les coordonnées $t_{\alpha_1}, t_{\alpha_2}, \ldots, t_{\alpha_k}$ vérifient les inégalités $\tau'_i < {}_{\alpha_i} < \tau''_i$. L'ensemble de tous les points x ainsi obtenus constitue un voisinage arbitraire de x_0.

5. La démonstration de ce que R_m possède une base de puissance m est facile. On démontre ensuite que R_m est un espace bicompact de Hausdorff, donc un espace normal.

Quant à la démonstration de la propriété fondamentale 2 de l'espace R_m, elle se fait sans difficulté par application systématique d'un procédé de construction dû à Urysohn (¹) (construction, dans un espace normal, d'une fonction continue non constante).

Dans le cas où m est la puissance des ensembles dénombrables, l'espace R_m est immédiatement homéomorphe au sous-ensemble de l'espace de Hilbert défini par les conditions $0 \leqq x_n \leqq \frac{1}{n}$, où x_n désigne la $n^{\text{ième}}$ coordonnée d'un point dans l'espace de Hilbert. *Notre proposition contient donc comme cas particuliers les théorèmes d'Urysohn sur la métrisation des espaces normaux et des espaces compacts, de même que celui sur l'identité topologique entre les espaces métriques séparables et les sous-ensembles de l'espace de Hilbert* (²).

(¹) *Zum Metrisationsproblem* (*Math. Ann.*, 94, 1925, p. 309-315). Voir aussi l'article cité de MM. Tychonoff et Vedenissoff.

(²) P. Urysohn, *Les classes D séparables et l'espace Hilbertien* (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 65).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un exemple arithmétique d'une fonction ne faisant pas partie de la classification de M. René Baire.* Note de M. N. Lusin, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait que M. R. Baire a donné un exemple purement arithmétique d'une fonction de classe 3 de sa classification.

Voici cet exemple :

Prenons l'intervalle fondamental (0, 1) et considérons un nombre irrationnel quelconque x réduit en fraction continue

$$x = \cfrac{1}{\alpha_1 + \cfrac{1}{\alpha_2 + \ddots + \cfrac{1}{\alpha_n + \ddots}}} = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots),$$

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n \ldots$, étant des entiers positifs. A tout nombre irrationnel x correspond une suite bien déterminée d'entiers positifs $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ et, réciproquement, une telle suite détermine d'une manière unique le nombre irrationnel x.

Cela posé, *il nous suffira*, suivant M. R. Baire, *de poser* $f(x) = 1$, *si les entiers positifs* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *tendent vers l'infini, et de poser* $f(x) = 0$ *dans le cas contraire.*

La fonction $f(x)$ ainsi définie est exactement une fonction de classe 3, d'après les recherches de M. R. Baire (voir *Acta Mathematica*, t. 30).

2. Pour nommer d'une manière arithmétique une fonction analogue $f(x)$ ne faisant pas partie de la classification de M. R. Baire, nous posons la définition suivante :

Nous dirons qu'une suite $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *d'entiers positifs, est* composée *s'il y a, parmi ses termes, une infinité de nombres* α *divisibles les uns par les autres* $\alpha_{n_1} : \alpha_{n_2} : \alpha_{n_3} : \ldots$; *au cas contraire nous dirons que la suite donnée* $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n, \ldots$ *est* simple.

La fonction $f(x)$ ainsi définie ne fait pas partie de la classification de M. R. Baire.

3. Pour le voir *nous appellerons* crible *toute collection dénombrable* C *de segments fermés* σ *parallèles à l'axe* OX *et situés à l'intérieur d'un carré fondamental* K *dont les côtés ont pour équations*

$$x = 0, \quad x = 1; \quad y = 0, \quad y = 1.$$

Nous désignons par $\mathcal{E}$ la *totalité* des points x de l'intervalle $(o < x < 1)$ tels que la perpendiculaire P_x élevée en x à l'axe OX coupe le crible C en un ensemble R_x de points *bien ordonné* à l'aide de cette convention que le rang des points soit conforme à la direction positive de l'axe OY.

L'*ensemble* des points de l'intervalle $(o < x < 1)$ qui n'appartiennent pas à la totalité $\mathcal{E}$ nous le désignerons par E. *C'est cet ensemble* E (et non pas la totalité $\mathcal{E}$) *que nous appellerons ensemble criblé au moyen du crible* C.

Nous allons établir une distinction importante entre les divers cribles. *On dit que* C *est un crible*, borné, *si l'on sait nommer un ensemble énumérable bien ordonné* W *plus étendu que l'ensemble* R_x *quel que soit* x *qui soit n'appartenant pas à l'ensemble* E *criblé au moyen de* C.

Nous dirons qu'un crible C *est* de type lebesguien *si, quel que soit une partie* Y_1 *de l'ensemble dénombrable* Y *formé des ordonnées de tous les segments* σ *constituant le crible* C, *il existe un point* x *dont l'ensemble correspondant* R_x *coïncide avec* Y_1.

Pour qu'un crible C soit borné, il faut et il suffit que E soit un ensemble *effectivement* mesurable B. Aucun des ensembles criblés au moyen d'un crible de type lebesguien ne peut pas faire partie de la famille des ensembles mesurables B.

4. *L'ensemble* E *des points pour lesquels on a* $f(x) = 1$ *est un ensemble criblé au moyen d'un type lebesguien*. Pour le voir, il suffit de faire correspondre à chaque intervalle $I(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ de M. R. Baire un segment $\sigma(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ déterminé de la manière suivante :

1° La projection de σ sur l'axe OX coïncide avec I;

2° L'ordonnée de $\sigma(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ est un nombre rationnel de la forme

$$\frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2^2} + \ldots + \frac{\theta_{n-1}}{2^{n-1}} + \frac{\theta_n}{2^n},$$

défini par cette condition que $\theta_n = 1$, et pour $i < n$ on a $\theta_i = 0$ si α_i est un diviseur de α_n, et $\theta_i = 1$ dans le cas contraire.

L'ensemble de ces segments σ forme un crible C de type lebesguien qui définit un ensemble criblé $f(x) = 1$.

Ainsi, *parmi les lois de l'Arithmétique*, il y en a de telles qu'elles nous amènent aux ensembles ne faisant pas partie de la famille des ensembles mesurables B.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'inexactitude, pour les liquides réels, des lois théoriques de Kármán relatives à la stabilité des tourbillons alternés.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Brillouin.

Dans leur remarquable Mémoire que j'ai déjà cité ([1]), von Kármán et Rubach ont établi les conditions théoriques de stabilité d'une *rue de tourbillons*, c'est-à-dire de deux files parallèles et indéfinies de tourbillons rectilignes, de même intensité, équidistants, de sens de rotation inverses, les tourbillons de l'une des files étant décalés d'un demi-intervalle par rapport à ceux de l'autre. Ils trouvent, h désignant la largeur de la rue, que la seule valeur stable du rapport $\frac{h}{e}$ est 0,283 et que, sauf pour les deux ou trois premières paires de tourbillons pour lesquelles il est plus grand (0,36 pour la première paire), ce rapport atteint sa valeur limite très vite.

Cette loi de stabilité admise, ils montrent que les rapports

$$a = \frac{v}{V} \quad \text{et} \quad b = \frac{e}{D}$$

sont invariables, quel que soit V, pour des obstacles géométriquement semblables. Enfin, ils en déduisent la résistance à l'avancement en fonction des deux *constantes* mesurables a et b.

Mais ces conclusions n'ont été établies que pour un *fluide parfait* indéfini, comme si la viscosité, partout négligeable, sauf au voisinage immédiat du corps solide, ne jouait plus aucun rôle, une fois les tourbillons détachés un à un de l'obstacle ([2]); par exemple, il n'est pas tenu compte de l'amortissement progressif des tourbillons réels à mesure qu'ils vieillissent.

Il est donc peu probable, *a priori*, que ces relations soient encore vraies pour les fluides réels. Il semble d'ailleurs qu'elles n'ont jamais été l'objet de vérifications expérimentales sérieuses ([3]). Grâce à la grande précision de

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1375.

([2]) Ou plutôt de la *couche de tourbillons* qui revêt la *surface de discontinuité des vitesses* : voir Prandtl, *Cong. intern. de Math. à Heidelberg*, 1904; et M. Brillouin, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 23, 1911, p. 148.

([3]) Elles ont été admises par F. Krüger et ses collaborateurs, dans leurs nombreux travaux, parus aux *Annalen der Physik* depuis 1914, sur les diverses applications des tourbillons alternés à l'acoustique : sons éoliens et sons d'un bâton qui fend l'air, sons des sifflets à fente rectiligne, circulaire, etc. En France, Z. Carrière (*J. de Phys.*, 6, 1925, p. 52) a étudié à un autre point de vue les tourbillons alternés à l'embouchure d'un tuyau d'orgue. Il faut également citer les importants travaux récents de E.-F. Relf et de E.-G. Richardson concernant les sons éoliens.

ma méthode optique pour repérer chaque centre de tourbillon, mes films constituent d'excellents documents pour contrôler l'exactitude de ces lois dans les liquides réels.

1° *Valeurs réelles du rapport* $\frac{e}{h}$. — Déjà les vingt-sept meilleurs clichés fixes donnent 0,44 comme moyenne (extrêmes 0,23 et 0,59). Les films montrent d'abord que ce rapport n'atteint pas sa valeur limite aussi vite que dans la théorie; de plus, le sens des écarts, pour les tourbillons les plus jeunes, écarts d'ailleurs considérables, est en général contraire à celui que prévoit Kármán. Le rapport croît, par exemple, pour quatre films pris parmi beaucoup d'autres : de 0,09 à 0,21; de 0,15 à 0,26; de 0,17 à 0,41; de 0,38 à 0,49.

Pour quelques-uns, rares, le sens de l'écart initial est celui de Kármán, mais alors les variations relatives sont plus faibles. Pour quelques autres, également peu nombreux, la valeur limite est atteinte immédiatement.

Ces valeurs limites varient également beaucoup : moyenne 0,32 (extrêmes 0,13 et 0,49). Elles ne m'ont pas paru liées d'une façon nette aux valeurs de D, L, V et ν, comme si h variait, d'une course à l'autre, sous l'action de causes accidentelles mal définies (Kármán et Rubach avaient remarqué que les fluctuations de h, pour une même course, sont relativement plus grandes que celles de e). Par exemple, on a obtenu de faibles valeurs limites aussi bien pour le liquide le moins visqueux que pour le plus visqueux. Il y a toutefois une indication sur le sens de l'influence de D : les lames les plus étroites ont donné en général des valeurs élevées, et *vice versa*.

2° *Valeurs réelles de a.* — Mes obstacles n'avaient pas été fabriqués par séries, géométriquement semblables; mais souvent, *un même* obstacle a servi pour de nombreuses courses, V et ν variant. *Exemples des variations de a* :

	Nombre de films.	Dimensions de l'obstacle (en cm).	Liquide.	Valeurs extrêmes de a.
I.........	14	L = 2; D = 0,208	Eau	0,030 et 0,106
II.........	7	» »	Sol. sucre ($c = 20$)	0,056 » 0,092
III.........	6	L = 2; D = 0,399	Eau	0,086 » 0,131
IV.........	4	» »	Sol. sucre ($c = 20$)	0,101 » 0,205

3° *Valeurs réelles de b.* — En désignant VT par e_0, on a :

$$e = (V - \nu)T = e_0(1 - a).$$

Dès 1908, j'avais annoncé que e, pour un obstacle donné, ne dépend pas sensiblement de V, ce qui entraînerait, a étant petit par rapport à l'unité, que e_0 ne dépend pas non plus de V : c'est ce que Kármán a retrouvé plus

tard. Mais je n'avais donné ce résultat de mes expériences que comme une première approximation : la formule que je trouve pour N (*loc. cit.*) montre que, pour un obstacle donné, e et par suite b dépendent de V.

Par exemple, dans les quatre séries déjà citées, quand V croît dans les limites de mes expériences, b décroît respectivement de 6,77 à 5,81 ; de 7,25 à 6,43 ; de 4,68 à 3,88 ; de 4,93 à 4,33.

Enfin j'avais indiqué que, quand l'épaisseur D varie, e varie dans le même sens, mais moins vite que D : donc b doit décroître nettement, quand D croît, ce que les mesures définitives ont confirmé :

Pour D =	0,1 cm,	b a varié de	9,3 à 15,4
»	0,2,	»	5,3 à 10,2
»	0,4,	»	3,8 à 6,4
»	0,8,	»	3,2 à 5,4

En résumé, les lois de Kármán sont très loin de s'appliquer aux tourbillons des liquides réels.

AVIATION. — *L'approvisionnement des avions en oxygène.* Note [1] de M. **Garsaux**, présentée par M. Charles Richet.

Les aviateurs devant voler aux altitudes élevées utilisent un masque respiratoire (type Garsaux). Ce masque est alimenté en oxygène par des bouteilles d'acier dans lesquelles le gaz est comprimé à 150^{atm} et la distribution automatiquement réglée en quantité proportionnelle à l'altitude. Ce procédé d'alimentation en oxygène a donné d'excellents résultats jusqu'ici, puisqu'il nous a permis, au caisson pneumatique du Bourget, de faire travailler des hommes sans qu'ils éprouvassent aucun malaise jusqu'à une dépression correspondant à l'altitude de 13300^{m}. Mais l'emploi des bouteilles d'oxygène comprimé nécessite un poids relativement considérable.

Nous nous sommes donc attaché à réaliser un appareil qui permette d'emporter des quantités de gaz plus grandes sous un volume et surtout un poids moindres. Nous avons, à cet effet, employé l'oxygène liquide. Ce gaz, à l'état liquide, est contenu dans une bouteille, genre bouteille Thermos, mais où le verre est remplacé par du métal. La bouteille comporte deux parois entre lesquelles on fait le vide de manière à la rendre le plus possible étanche à la chaleur. Pour maintenir un vide constant et suffisant, cette bouteille est émaillée.

(1) Séance du 14 juin 1926.

Nous avons pu dans de telles bouteilles conserver de l'oxygène liquide pendant 6 jours. La bouteille est fermée par un bouchon en amiante percé de deux trous, l'un pour le dégagement du gaz vers le masque; l'autre pour le passage d'un courant électrique. En effet, pour obtenir un dégagement régulier d'oxygène, il faut le chauffer afin de compenser le froid qui est la conséquence du dégagement gazeux. Le réchauffement est obtenu à l'aide d'une lampe en quartz qui plonge dans l'oxygène liquide.

Le seul inconvénient de cet appareil serait la mobilité du liquide dans la bouteille, mobilité qui pourrait amener de brusques dégagements gazeux intempestifs. Pour y remédier, on met dans la bouteille, suivant une méthode utilisée en 1910 par M. Georges Claude pour un appareil de sauvetage dans les mines, de l'amiante, de telle sorte que la bouteille peut être inclinée sans inconvénient, le liquide étant ainsi immobilisé.

Un rhéostat règle l'intensité du courant; et ce rhéostat est commandé par un curseur qu'actionne une capsule barométrique, de sorte qu'il peut y avoir finalement un dégagement de chaleur inversement proportionnel à l'altitude.

Si l'on représente par 10 le poids mort des appareils à oxygène comprimé, pour une même quantité d'oxygène liquide, le poids mort sera représenté par 1.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'effet retardateur d'inflammation produit par les corps dits antidétonants.* Note [1] de M. **Dumanois**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons émis l'hypothèse que les antidétonants intervenaient pour détruire l'onde explosive en agissant pour augmenter le temps nécessaire à obtenir l'allumage spontané, pour une température donnée, supérieure à la température minimum à laquelle l'allumage spontané est possible.

On pourrait expliquer aussi bien leur rôle en supposant qu'ils agissent en augmentant la température nécessaire à l'allumage spontané.

Si nous avons adopté la première hypothèse, c'est qu'elle nous paraît plus logique : étant donnée la proportion infime d'antidétonant nécessaire pour éteindre l'onde explosive (de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ en volume) il paraît plus rationnel d'admettre que l'antidétonant intervient pour modifier d'une

---

[1] Séance du 7 juin 1926.

façon infiniment petite, inférieure au $\frac{1}{200}$ de seconde, le temps nécessaire à l'allumage, plutôt que d'agir, en relevant d'une quantité finie la valeur de la température minimum nécessaire à l'allumage spontané. Les expériences de M. André Pignot [1] semblent confirmer d'ailleurs notre manière de voir en montrant que l'action des antidétonants n'a qu'une influence négligeable sur la valeur des températures d'inflammation.

Quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse faite, elle nous conduit à attribuer aux antidétonants un véritable rôle de retardateur d'inflammation; il est donc intéressant de pouvoir vérifier ce résultat par l'expérience.

Or nous avons indiqué [2], qu'en agissant par des procédés physiques, il était possible de faire disparaître, sans antidétonant, l'onde explosive pour une compression de 6,7, mais qu'on observait pour cette même valeur de la compression, lorsque le moteur tourne à faible vitesse et plein couple, des phénomènes d'allumage prématuré produits par des points chauds.

Nous avions eu d'ailleurs l'occasion, au cours de nos expériences antérieures, de constater avec ce moteur l'apparition de ce phénomène dès la compression 6.

Si les antidétonants jouent le rôle de retardateurs d'allumage, leur adjonction au combustible doit intervenir pour faire disparaître dans une certaine limite l'allumage prématuré.

Autrement dit, l'allumage prématuré sans antidétonant se produirait avec un décalage de temps t_1 en avance sur l'allumage normal, mais l'antidétonant retarde cet allumage prématuré du temps t_2. Si t_2 est supérieur à t_1 l'antidétonant fait disparaître l'allumage prématuré.

L'expérience faite avec $\frac{1}{1000}$ de plomb tétra-éthyl a entièrement confirmé cette hypothèse.

Toutes choses égales, l'allumage prématuré par point chaud est diminué de façon perceptible pour la compression 6, 7. Il semble donc que le nom « antidétonants » attribué jusqu'ici aux corps utilisés pour éteindre l'onde explosive est impropre et résulte d'nne confusion entre l'effet et la cause, et qu'il paraît plus logique de les appeler retardateurs d'allumage.

Il résulte des considérations ci-dessus que, une fois l'onde explosive éteinte, pour reculer la limite pratique de compression, dont la limite idéale est celle produisant l'allumage par compression adiabatique, on peut, à défaut des procédés mécaniques consistant à améliorer le refroidisse-

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 376.
(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1378.

ment des points chauds, qui seuls donneront la solution rationnelle du problème, atténuer légèrement les effets de l'allumage prématuré en mélangeant au combustible un corps retardateur d'allumage.

ÉLECTRICITÉ. — *Emploi de l'électromètre à quadrants dans les mesures de précision en haute fréquence.* Note de M. L. CAGNIARD, présentée par M. A. Cotton.

La mesure précise des petites variations de capacité, difficilement accessible à l'ancienne technique, paraît maintenant aisée grâce à la lampe à trois électrodes. Soit par une mesure de battements, soit par une méthode de zéro et l'emploi d'une amplification théoriquement illimitée, il est facile de calculer et de réaliser des montages permettant d'*apprécier* une variation relative de capacité de l'ordre de 10^{-6} et même moins encore. De nombreux expérimentateurs ont cherché dans cette voie. Mais il faut constater que leurs mesures de la susceptibilité diélectrique de l'air, par exemple, données avec la précision du $\frac{1}{100}$ ou du $\frac{1}{1000}$, diffèrent entre elles de plus de 20 pour 100. Les anciennes mesures, avant l'emploi de la lampe, différaient beaucoup moins.

De tels écarts ne peuvent s'expliquer par la diversité des longueurs d'onde utilisées ni par de grossières erreurs systématiques. Je pense qu'ils proviennent de l'imperfection même de l'appareil de mesure, de l'instabilité et du manque de fidélité de la lampe à trois électrodes.

Dans cet ordre d'idées, j'ai étudié le remplacement des lampes amplificatrices par un simple électromètre à quadrants et j'ai pu obtenir une sensibilité considérable, grâce à une particularité assez curieuse d'un montage que je vais décrire.

Considérons un circuit ouvert de résonance habituel, formé d'une grande self-induction L et d'une petite capacité C en série. L'électromètre (montage idiostatique) est en dérivation sur la self-induction.

On bénéficiera déjà d'une forte amplification *statique*, due à la surtension aux bornes de la self. Mais, de plus, l'électromètre a une capacité variable avec la position de l'aiguille et, si les éléments du circuit sont judicieusement choisis, ces variations de capacité entraînent une variation appréciable de l'accord du circuit de résonance. Réglons la capacité C de façon que l'on s'approche de la résonance (très aiguë) lorsque l'aiguille dévie à partir du zéro et augmentons progressivement, depuis une valeur nulle, la différence

de potentiel v de haute fréquence appliquée au circuit : l'augmentation de la surtension, produite par la déviation de l'aiguille, fait que cette déviation augmente beaucoup plus vite que la différence de potentiel v, et l'équilibre de l'aiguille peut même devenir instable.

On observe alors, pour une augmentation infiniment petite de v à partir d'une valeur v_1 un déplacement fini du spot. Si l'on ramène v à une valeur inférieure à v_1, le spot ne reprend pas les mêmes positions que précédemment. Ce n'est que pour une valeur v_2 que l'on revient, par une nouvelle discontinuité, sur la courbe initiale des déviations en fonction de v. Le calcul des conditions d'équilibre de l'électromètre permet de rendre compte complètement des phénomènes observés : il indique, pour les valeurs de la différence de potentiel comprises entre v_1 et v_2 l'existence de deux positions d'équilibre stables, et, entre les deux, d'une position d'équilibre instable. Ce montage rappelle, dans une grande mesure, le fonctionnement de l'électroscope de Wilson.

Les potentiels de discontinuité v_1 et v_2 ne peuvent s'observer que pour un amortissement faible du circuit : on les obtient facilement, et avec une grande netteté, grâce à une triode fonctionnant en résistance négative. Ils se rapprochent, en même temps que les deux bonds discontinus du spot diminuent d'importance, lorsque l'amortissement augmente. Ils disparaissent, dans le montage que j'ai réalisé, lorsqu'on supprime la lampe auxiliaire, mais on se trouve encore assez près des conditions où ils se produisent pour qu'il reste une exaltation notable de la sensibilité de l'électromètre, bien suffisante pour mes mesures en cours.

Pour la mesure des variations de capacité, le circuit de mesure L, C forme la diagonale d'un pont de Wheatstone constitué par quatre condensateurs. Sur l'autre diagonale est appliquée une force électromotrice à haute fréquence (quelques centaines de volts, longueur d'onde 6000^{m}) produite par un oscillateur à lampes, de faible puissance ; les petites fluctuations éventuelles de sa valeur efficace sont, sur cette branche, sans importance. Le condensateur dont j'étudie les variations de capacité forme, avec un condensateur cylindrique de faible capacité, monté en parallèle, l'une des branches du pont. J'évalue les variations de capacité à mesurer en les compensant par les variations calculables du condensateur cylindrique, de façon à ramener le spot à sa position initiale.

Avec le montage sans résistance négative, c'est-à-dire avec un dispositif ne comportant aucune lampe dans les circuits de mesure, et n'utilisant comme amplificateur qu'un électromètre à quadrants du type Moulin, le spot est par-

faitement stable à 1^{mm} près et une variation du spot de 1^{mm} correspond à une variation relative de capacité de l'ordre de 4.10^{-6}.

Dans mes mesures actuelles de la variation des constantes diélectriques de quelques liquides avec la pression, ce déplacement correspond, dans le cas du benzène, à une variation de pression de l'ordre de 3^{cm} de mercure.

MAGNÉTISME. — *Structure de l'aimant atomique. Déformation du multiplet par le champ. Le triplet dans le fer.* Note de M. **R. Forrer**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (¹) par l'étude d'un nickel ayant subi un traitement mécanique spécial que l'aimant élémentaire du nickel est un doublet à angle droit. La variation irréversible de l'aimantation de ce nickel est due au renversement d'un seul des moments du doublet, renversement de la première espèce. Je montrerai plus tard qu'il y en a une deuxième. Si l'on attribue le moment constitutif d'un doublet à une orbite, le renversement de ce moment sera donné par le changement du sens de parcours de l'électron considéré. On peut imaginer que le mécanisme de ce changement de sens est le suivant : l'électron d'une orbite s'échappe et devient un électron libre. Un autre électron libre va prendre sa place et choisit de préférence le sens de parcours favorisé par le champ.

Puisque l'aimantation rémanente dans le nickel traité est due seulement au moment parallèle au champ, le rapport entre l'aimantation à saturation et l'aimantation rémanente, qui est 2 : 1, doit être indépendant de la température. Ou, en d'autres termes, l'aimantation rémanente doit dépendre de la température suivant la même loi que l'aimantation à saturation. Et, en effet, l'expérience a donné, entre la température ordinaire et le point de Curie, une aimantation rémanente égale à la moitié de l'aimantation à saturation, connue par des expériences antérieures (²).

Dans un champ nul, les deux moments du doublet du nickel sont à angle droit. J'ai admis qu'un champ croissant les rapproche progressivement et tend à les faire coïncider avec sa propre direction.

Puisque l'augmentation de l'aimantation réversible du nickel traité a été trouvée à peu près égale à 1 pour 1000 de l'aimantation rémanente par

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1926, p. 1272.

(²) P. Weiss et R. Forrer, *Annales de Physique*, 5, 1926, p. 153.

gauss, on doit s'attendre à ce que l'approche à la saturation se fasse dans des champs supérieurs à 1000 gauss.

Pour un grand nombre de corps ferromagnétiques, l'approche vers la saturation a été mesurée par M. P. Weiss qui a exprimé ses résultats par la loi $\sigma = \sigma_0\left(1 - \frac{a}{H}\right)$, valable au-dessus de 1000 gauss. Cette loi est valable notamment pour le nickel. Or, dans la même région des champs se produit le rapprochement des deux éléments du doublet. Il est naturel de trouver dans ce rapprochement le mécanisme de la loi d'approche.

Inversement, on doit supposer que dans les autres substances obéissant à cette loi d'approche, l'aimant élémentaire est un multiplet susceptible de se fermer dans les champs intenses.

Les recherches de M. Maurain sur les dépôts électrolytiques du fer dans un champ magnétique, permettent de trouver quelle espèce de multiplet magnétique existe dans l'atome de fer. Si l'on admet que l'atome au moment où il se dépose possède le même multiplet que celui qui existe dans la couche toute formée et que la résultante du multiplet est dirigée dans le sens du champ magnétique, on peut calculer, pour chaque espèce de multiplet, l'aimantation rémanente à partir de l'aimantation à saturation ($I = 1705$, M. P. Weiss). On trouve ainsi pour un doublet rectangulaire $I_R = \frac{1706}{2} \cdot \sqrt{2} = 1205$ et pour un triplet trirectangle $I_R = \frac{1706}{3} \cdot \sqrt{3} = 986$.

L'aimantation rémanente du fer électrolytique déposé dans un champ magnétique a été mesurée par Maurain, Kaufmann et Meyer, et enfin par Schild [1]. Pour des champs croissants, elle tend vers une limite supérieure. La plus grande valeur mesurée de l'aimantation rémanente pour $H = 30^g$ est $I = 982$. Cette valeur expérimentale est très voisine de celle calculée pour un triplet (986). La différence est plus petite que les erreurs d'expérience.

L'aimant atomique du fer est donc très probablement un triplet trirectangle.

On comprend maintenant facilement le cycle presque rectangulaire du fer électrolytique déposé dans un champ magnétique. La résultante du triplet est orientée dans le sens du champ. Les trois moments font le même angle avec le champ, ils sont renversés par une valeur unique du champ. La faible variation réversible est due au rapprochement commençant des composantes. L'interprétation que j'ai donnée suppose essentiellement que

---

(1) Schild, *Ann. de Phys.*, 25, 1908, p. 612.

les trois composantes du triplet interviennent par leur résultante au moment du dépôt, c'est-à-dire qu'elles sont contenues dans le même atome.

La variation de l'aimantation dans les champs forts a toujours été trouvée réversible. *Le rapprochement des composantes du multiplet magnétique est donc un phénomène intra-atomique réversible.*

OPTIQUE. — *Interférences par diffusion*. Note de M. F. **Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai poursuivi l'étude des franges supplémentaires qui sont attribuables, comme je l'ai montré précédemment (1), à des interférences par diffusion.

1. Comme auparavant, nous prenons pour variable la distance x entre le bord O de l'ombre géométrique et le deuxième minimum m, ce deuxième minimum étant le seul point de repère qu'on puisse pointer au comparateur avec quelque précision. Les mesures antérieures n'avaient été faites que pour deux radiations seulement : la raie verte du mercure et le groupe 3660 U. Å. dans le proche ultraviolet. Pour ces deux rayonnements, x variait proportionnellement à $\sqrt{\lambda}$, conformément à la théorie que j'ai proposée. Je viens d'étendre cette vérification depuis 3128 U. Å. jusqu'à 8000 U. Å. environ.

Après des essais avec un arc au mercure et des filtres divers (notamment un verre de Wood de 1cm d'épaisseur qu'a bien voulu me prêter M. Curie), j'ai pu employer le monochromateur en quartz de Athanasiu (2). La fente du collimateur était éclairée soit par un arc au mercure, soit par une lampe Pointolite. La lentille et le prisme disposés après la deuxième fente furent enlevés, de sorte que le faisceau divergent qui sort de cette fente pouvait projeter directement sur la plaque photographique l'ombre de l'écran opaque.

Cet écran était constitué par la même bille d'acier qui avait déjà servi. La hauteur de la fente, limitée à 5mm environ, fut mesurée avec le même comparateur que les clichés. Sauf dans l'ultraviolet (3128 U. Å.) la fente était précédée d'un verre dépoli. Cette précaution ne pouvant être prise pour la radiation en question, j'ai pris quelques clichés en déplaçant sans

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1704, et *Journ. Phys.*, 6, 1925, p. 354.

(2) *Rev. Opt.*, 4, 1925, p. 3.

cesse l'arc devant la fente du collimateur. Les résultats sont restés les mêmes.

Dans l'ultraviolet et le violet j'ai employé des plaques pour diapositifs à tons noirs; une grande finesse de grain est en effet désirable. Pour le vert et le rouge, les plaques « micro-panchro » de Lumière sont utilisables, mais les multiples petits défauts de la couche annulent malheureusement, et au delà, l'avantage de la finesse du grain. Les résultats furent bien meilleurs avec des plaques sensibilisées par M. Calzavara. Dans l'infrarouge je me suis servi également de plaques obligeamment fournies par M. Calzavara et sensibles de $0^{\mu},70$ à $0^{\mu},80$. Elles sont remarquables surtout par leur sensibilité très grande et par l'absence de voile.

Le tableau ci-dessous résume deux séries de mesures. La deuxième colonne donne la moitié de la largeur calculée de l'ombre géométrique. La troisième donne la demi-distance entre les deuxièmes minima observés en des points diamétralement opposés de l'écran : chacun de ces nombres est la moyenne d'un assez grand nombre de mesures. Enfin Π représente l'expression $\sqrt{\frac{2\lambda b(a+b)}{a}}$.

Ce travail n'ayant pas eu pour but la détermination des valeurs absolues de $\frac{x}{\Pi}$, seules les mesures de la deuxième série pouvaient donner ce rapport avec quelque exactitude. Quant aux derniers nombres (III), ils proviennent de mesures faites avec les raies jaunes du mercure isolées par des filtres et dans des conditions expérimentales radicalement différentes. Rappelons que nous avions trouvé, comme moyenne de toutes les expériences antérieures, $\frac{x}{\Pi} = 1,07$; l'accord est très bon. La proportionnalité de x et de $\sqrt{\lambda}$ est donc démontrée; il est vrai que la précision est assez médiocre, mais aucune loi simple ne rendrait compte des résultats.

	λ.	(U. Å.).	$\frac{OO'}{2}$ (mm).	$\frac{mm'}{2}$ (mm).	Π (mm).	x (mm).	$A\frac{x}{\sqrt{\lambda}}$.	$\frac{x}{\Pi}$.
I.	Violet.....	4360	6,317	6,70	0,329	0,380	5,80	1,16
	Rouge.....	6590	»	6,81	0,405	0,490	6,05	1,21
	I. R.......	7950	»	6,84	0,445	0,485	5,85	1,09
II.	U. V.	3128	6,340	6,641	0,280	0,301	5,40	1,075
	Vert.......	5460	»	6,745	0,370	0,405	5,49	1,092
	Rouge.....	6300	»	6,771	0,398	0,431	5,43	1,081
	I. R........	7800	»	6,796	0,443	0,456	5,23	1,025
III.	Jaune......	5780	5,778	6,233	0,512	0,545	»	1,065

2. J'ai également essayé d'étudier ces phénomènes à l'aide du microphotomètre de MM. Lambert et Chalonge [1]. Toutefois les enregistrements obtenus jusqu'ici, tout en confirmant les faits observés, n'ont pas permis de faire de nouveaux progrès.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Dispersion de biréfringence électrique du camphre.* Note de M. R. DE MALLEMANN, présentée par M. A. Cotton.

L'étude complète des propriétés optiques du *camphre* présente un intérêt spécial. Ce corps actif possède, en effet, une dispersion rotatoire naturelle d'une grandeur exceptionnelle; sa dispersion rotatoire magnétique, au contraire, ainsi que sa dispersion de réfraction, sont tout à fait normales. Comme l'a montré Darmois [2], le camphre se présente ainsi comme une exception caractérisée à une loi empirique énoncée par Wiedemann, qui est d'ailleurs sans aucun fondement théorique ou expérimental. Nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant de compléter notre étude antérieure de la biréfringence électrique de ce corps par celle de la dispersion de cette biréfringence.

Le principe de la méthode mise en œuvre est le même que celui de nos premières mesures [3]. Toutefois, au lieu de soumettre le corps étudié à des champs interrompus, suivant la technique de Pauthenier, nous avons préféré opérer ici avec un champ continu, permettant des mesures sur les raies de l'arc au mercure. Les qualités isolantes des solutions de camphre dans l'essence de pétrole sont favorables à ce mode opératoire; nous avons pu vérifier que l'échauffement du liquide était insensible, après électrisation prolongée.

Le commutateur tournant précédemment employé donnerait ici des tensions beaucoup trop irrégulières; nous l'avons remplacé par un kénotron grand modèle. La constance du champ est contrôlée par un condensateur à CS^2, mis en parallèle avec le condensateur d'étude, et par un voltmètre sensible, en dérivation sur le primaire du transformateur.

Les sources utilisées sont les raies 578, 546 et 436 de l'arc au mercure. La lumière est dispersée par un gros prisme à CS^2, *à déviation constante* [4] et analysée au moyen de l'appareil de Chaumont.

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

(2) E. DARMOIS, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 22, 1911, p. 247.

(3) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 380. — *Ann. de Phys.*, 22, 1924, p. 1.

(4) Ce prisme a été construit sur nos indications par la maison Pellin. Il est très lumineux particulièrement dans le bleu, pour lequel les prisme u flint, toujours jaunâtres, présentent une absorption notable.

Nous avons opéré successivement sur le camphre *actif* et sur le camphre *inactif*. Dans le premier cas, les mesures sont faites en suivant la méthode de détermination de la biréfringence électrique des corps actifs décrite antérieurement; elles donnent ainsi un exemple d'application de cette méthode aux études de dispersion.

Le dissolvant employé est obtenu par rectification de l'essence de pétrole; il a été choisi avec intention un peu moins volatil que celui de nos premières expériences (hexane). Nous le désignerons donc sous le nom de *ligroïne*.

Résultats. — Condensateur solution camphrée : $l_c = 988^{mm}$; $l = 5^{mm},66$; Cond. CS^2; $l_c = 214^{mm},8$; $l = 6^{mm},55$.

I. *Camphre actif* ($C = 31,6$; $d_{15^\circ} = 0,809$) :

Les azimuts d'ellipticité maxima α_0 sont déterminés par deux mesures préliminaires; le polariseur est ensuite orienté successivement dans chacun de ces azimuts et les biréfringences φ calculées d'après la formule

$$\sin 2\gamma = \frac{\varphi}{\delta}\left\{\sin\delta \sin 2\alpha_0 + \frac{2\omega}{\delta}(1 - \cos\delta)\cos 2\alpha_0\right\},$$

γ étant l'ellipticité mesurée et δ la biréfringence elliptique $\sqrt{\varphi^2 + 4\omega^2}$.

Raies.	Az. α_0.	ω.	φ.	γ calculé.	γ observé.	Dispersion.
	°	°	°	° ′	° ′	
578..........	36	18,1	9,6	4.42	4.40	1
546..........	34	21,7	10,3	5.02	5.02	1,07
436..........	20	49,9	13,7	6.01	6.01	1,425

Ellipticité CS^2 : $\gamma' = 16^\circ 36'$.

Ces valeurs correspondent à l'effet superposé du camphre et de la ligroïne; en déduisant l'effet propre de cette dernière [1], nous obtenons pour $A = 0^{\mu},546$:

$$\text{Constante de Kerr du camphre : } \Gamma = 100 \times \frac{4,97}{16,6} \times \frac{21,48}{9,88} \times \frac{320}{429} = 48^\circ,6 \quad (C = 31,6).$$

$$\text{Biréfringence spécifique : } [\Gamma] = \frac{\Gamma}{c} = 153,7 \quad (CS^2 = 100).$$

---

[1] La biréfringence de la ligroïne employée ($d_{19^\circ} = 0,727$), a été mesurée dans la même cuve. Nous avons trouvé 20′ pour le vert et 26′ à 27′ pour le bleu (Précision de 30″ pour le vert). L'ellipticité correspondante de CS^2 étant de 18°36′, la constante de Kerr est environ 3. L'effet propre de la ligroïne est donc de 11′ dans le cas du camphre actif et de 8′ dans celui du camphre inactif. La dispersion est de l'ordre de 1,33, *c'est-à-dire à peu près la même que celle des solutions de camphre*, résultat que nous avions prévu théoriquement. La biréfringence spécifique du camphre étant indépendante de la concentration, il en résulte que les nombres obtenus doivent représenter très approximativement la dispersion du camphre pur.

Ce nombre obtenu ici en champ *continu*, est légèrement inférieur à celui que nous avons trouvé précédemment par la méthode des champs interrompus (159).

II. *Camphre inactif* ($C = 31,6$; $d_{17°,5} = 0,804$; $\alpha_0 = 45°$) :

Raies.	γ observé.	φ.	Dispersions.	γ′(CS²).
578	3°45′	7°30′	1	〃
546	3.56	7.52	1,05	12°17
436	5.14	10.28	1,40	〃

Les dispersions concordent avec les précédentes, à la précision des mesures.

Constante de Kerr :

$$\Gamma = 100 \times \frac{3,8}{12,3} \times \frac{21,48}{9,88} \times \frac{320}{429} = 50,1 \qquad (C = 31,6).$$

Biréfringence spécifique :

$$[\Gamma] = 158,6.$$

La concordance des nombres obtenus pour la variété active et la variété inactive, est suffisante. D'où la conclusion : *Les biréfringences spécifiques du camphre actif et du camphre inactif sont sensiblement les mêmes. La dispersion est normale.*

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la méthode de préparation de sources de* RaB + RaC. Note (¹) de M. **H. Jedrzejowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Voulant préparer des sources de RaB + RaC à la fois intenses et petites, nous avons étudié les diverses méthodes qui se rattachent à cette question.

On emploie couramment les deux méthodes suivantes pour préparer la source :

1° Concentration du dépôt actif dans un champ électrique sur une surface de forme appropriée.

2° Condensation de radon sur une surface métallique à l'aide de l'air liquide (²).

(¹) Séance du 14 juin 1926.

(²) Petterson, *Wien. Ber.*, 132, 1923, p. 55. — Ortner et Petterson, *Wien. Ber.*, 133, 1925, p. 229.

La méthode du champ électrique donne un rendement trop faible, surtout pour les petites sources. Le meilleur essai d'une série d'expériences a donné un rendement de 28 pour 100 à partir de 38 m.c. de radon. La surface activée avait $1^{mm},3$ de diamètre.

La préparation d'une source intense de l'ordre de 100 m.c. exige une quantité considérable de radon. Mais alors celui-ci attaque très énergiquement la graisse des robinets et celle de la plaque activée et, après quelque temps, il est difficile d'éviter totalement les fuites d'émanation.

Les expériences nous ont permis de confirmer en même temps le fait, déjà observé par A. Gabler [1], que pour les grandes différences de potentiel le rendement ne dépend pas du sens du champ, seule la distribution du vent ionique semble influer.

La méthode par condensation dans l'air liquide donne un meilleur rendement. Les auteurs [2] indiquent 40 pour 100 pour une surface de 8^{mm} de diamètre. Le rendement décroît pour des sources plus petites.

Nous avons construit l'appareil représenté par la figure 1, qui donne un rendement supérieur, sans nécessiter l'emploi de l'air liquide. La partie A sert à activer; la partie B est un dispositif couramment employé dans les appareils contenant les solutions de radium; elle sert, après la série d'activations, à récupérer le radon restant.

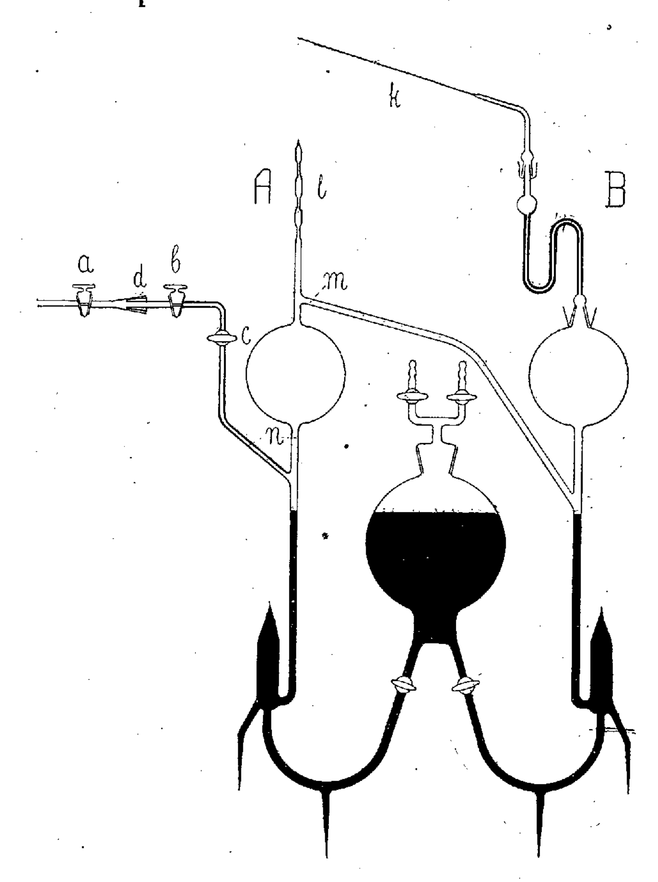
On introduit le radon dans l'appareil au moyen du jeu de robinets *a*, *b*, *c* et du rodage *d*. Le fonctionnement s'explique clairement d'après la figure. Avant de casser le capillaire à radon, placé dans la voie du robinet *b*, on fait le vide parfait dans tout l'appareil à l'aide d'une pompe à diffusion. Après rupture du capillaire, on refoule le radon à l'aide de mercure jusque dans la boule la plus élevée d'une série de boules *l*, soudées à l'avance, mesurant chacune 20 à 30^{mm^3}. Après 3-4 heures, on fait descendre le mercure jusqu'en *n* et l'on sépare la première boule à la flamme. On peut faire immédiatement la seconde activation. L'émanation restant toujours enfermée entre le verre et le mercure, aucune fuite n'est à craindre. La boule activée est coupée en deux, puis lavée avec un peu de HCl concentré et bouillant contenant des traces de $AzHO^3$. On évapore la solution du dépôt actif sur une petite plaque de verre chauffée convenablement. La source est préparée en 5-10 minutes. Pour les très petites sources de $2\text{-}3^{mm}$ de diamètre, nous avons utilisé une pipette munie d'un tube en caoutchouc. On

---

(1) A. Gabler, *Wien. Ber.*, 129, 1920, p. 1.

(2) Ortner et Petterson, *loc. cit.*, p. 232.

fixe la pipette remplie de solution par une pince, de façon que le bout du capillaire de la pipette appuie fortement sur le milieu d'une plaque de verre de 4×4^{mm}. En chauffant convenablement et en réglant la pression dans la pipette, on fait descendre le liquide au fur et à mesure de l'évaporation; l'opération est très rapide.



Pour étudier l'influence des lavages successifs et le rendement, nous avons, 20 minutes avant la fin de l'activation, lavé quatre fois successivement la boule à l'acide; une minute chaque fois. Les solutions sont évaporées sur quatre plaques de verre et l'on mesure pendant 2 heures la décroissance de leur activation; de même pour la boule. Au début des mesures ($t = 50$) les activations exprimées en pour 100 du total du dépôt actif sont :

Plaques	1	2	3	4	boule
Pour 100	81	5,2	1,23	0,68	11,6

La plus grande partie du dépôt est dissoute au premier lavage. La décroissance des courbes de désactivation montre que le RaB passe plus vite en solution que le RaC, ce qui concorde avec le caractère plus positif du RaB. E. Ramstedt ([1]) a signalé que pour une surface de verre activée dans le radon, sans le champ électrique, il est impossible de dissoudre beaucoup plus de 50 pour 100 du dépôt. Elle a supposé que cette limite est due au recul de RaA. Nos expériences semblent mettre en doute que, dans les conditions d'expérience, la pénétration du recul dans le verre dépasse les limites d'action de l'acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la viscosité sur le pouvoir rotatoire spécifique de certains corps actifs.* Note de MM. **Pierre Achalme** et **Jacques Achalme**, présentée par M. Charles Moureu.

La découverte de la polarisation rotatoire moléculaire par Biot en 1815 amena celui-ci à classer les corps actifs en deux catégories : les uns possèdent un pouvoir rotatoire spécifique fixe, quelles que soient les conditions de concentration ou de température; le pouvoir rotatoire des autres varie, au contraire, avec une amplitude plus ou moins grande suivant la concentration et la température.

L'acide tartrique appartient à cette dernière catégorie et a été particulièrement étudié à ce point de vue.

Biot crut trouver l'interprétation de ce fait, capital au point de vue de la structure moléculaire, dans l'existence de combinaisons chimiques du corps actif, soit avec lui-même (polymérisation), soit avec le solvant. Aignan indiqua comme possible une dissociation par dissolution, soit du corps actif, soit de la combinaison formée avec le solvant.

Mais l'étude cryoscopique dut faire éliminer toute idée de polymérisation et les recherches de Golse sur le pouvoir réfringent des solutions des corps à pouvoir rotatoire variable aboutirent à un résultat nettement négatif en ce qui concerne l'existence de combinaisons définies; le problème restait donc entier.

L'un de nous ayant constaté certaines anomalies en suivant au polarimètre l'interversion du sucre par les acides en présence d'une forte proportion de glycérine, nous avons recherché si ce fait pouvait être généralisé.

([1]) E. Ramstedt, *Meddelanden fran Nobelinstitut*, **2**, 1913, 31.

Or, en employant l'acide tartrique, l'acide malique, le lévulose, le camphre, etc., on constate que l'influence de la viscosité est capitale.

Nous ne citerons ici que deux séries d'expériences se rapportant à l'acide tartrique, qui montrent la netteté et l'intensité du phénomène.

Pour faire varier la viscosité de la solution tartrique, nous avons utilisé une solution concentrée d'acide citrique, corps dépourvu de pouvoir rotatoire, donnant des solutions très visqueuses, et n'exerçant aucune action chimique sur l'acide tartrique.

Dans une première série, la concentration en acide tartrique restait la même $\left(3,75 \text{ pour } 100, \text{ soit } \frac{N}{4}\right)$, mais la viscosité variait par suite de la dilution dans un mélange en quantités inégales d'eau et de solution saturée d'acide citrique. La viscosité, mesurée à l'aide d'un viscosimètre de Baume et énoncée dans le tableau ci-dessous, est la viscosité par rapport à l'eau à la température de l'expérience.

Tableau I. — *Concentration constante* $\frac{N}{4}$. *Viscosité variable.*

Solution d'acide tartrique à 60 pour 100.	Eau.	Acide citrique. Solution saturée.	α observé.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Φ Viscosité relative à l'eau.
5 cm³	35 cm³	// cm³	2°	13,66	1,118
5	30	5	1.50	12,22	1,352
5	25	10	1.38	10,88	1,647
5	20	15	1.30	10	2,177
5	15	20	1.24	9,33	2,965
5	10	25	1.12	8	4,176
5	5	30	1.04	7,11	6,235
5	//	35	0.56	6,22	9,353

Dans une seconde série, la concentration variait, mais la viscosité était maintenue constante, la dilution étant faite à l'aide d'une solution d'acide citrique isovisqueuse de la solution la plus concentrée d'acide tartrique. Dans le tableau suivant, on peut comparer la constance du pouvoir rotatoire spécifique dans ces conditions comparée à ses variations dans le cas de dilution dans l'eau.

Tableau II. — *Viscosité constante. Concentration variable.*

Concentration en acide tartrique.	Solution 4N diluée dans une solution isovisqueuse d'acide citrique ($\varphi = 4{,}507$). α calculé suivant la concentration.	α observé.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Solution 4N diluée dans l'eau. α.	Pouvoir rotatoire spécifique.	Φ.
	° ′	° ′		° ′		
4N (60 pour 100)...	10.00	10.00	8,33	10.00	8,33	4,507
3N (45 »)...	7.30	7.28	8,29	9.00	10,00	1,96
2N (30 »)...	5.00	4.58	8,27	6.52	11,44	1,693
1N (15 »)...	2.30	2.29	8,27	3.56	13,11	1,24
$\frac{1}{2}$N (7,5 »)...	1.15	1.17	8,55	2.04	13,77	1,066
$\frac{1}{4}$N (3,75 »)...	0.37.30″	0.38	8,44	1.02	13,78	1

Ces expériences, choisies parmi un grand nombre de résultats identiques, montrent avec évidence par la netteté des conclusions obtenues au moyen de deux méthodes convergentes, que la concentration en matière active n'exerce aucune action directe sur le pouvoir rotatoire, mais agit indirectement en augmentant la viscosité du milieu.

En dehors de l'intérêt que présente en lui-même ce fait nouveau de l'action d'un facteur mécanique : la viscosité, sur le phénomène optique du pouvoir rotatoire d'un corps dissous, il n'échappera pas qu'il présente une grande importance par les déductions que l'on en peut tirer sur la structure moléculaire des corps actifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure électrique des molécules, particulièrement des corps mésomorphes* (1) (*fluides anisotropes*). Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

I. De toutes les théories proposées pour rendre compte des propriétés des liquides anisotropes, la plus satisfaisante est celle de M. Born dont voici les hypothèses fondamentales :

1° Les molécules de ces substances sont semblables à des bâtonnets très allongés. Elles possèdent un axe optique qui se confond avec leur axe d'allongement.

---

(1) La terminologie est celle de G. Friedel, *Ann. de Phys.*, 9e série, **18**, 1922, p. 273.

2° Elles portent en outre un dipôle électrique dont le moment est très grand et parallèle à l'axe optique.

II. Nous allons voir dans quelle mesure l'expérience confirme ces hypothèses. La première est admise par tous les physiciens qui se sont occupés des corps mésomorphes. Elle a été établie en toute rigueur par les travaux de J. Perrin et surtout Ed. Friedel (¹), dans le cas des substances smectiques. Ces corps prennent souvent une structure régulière à plans équidistants perpendiculaires à l'axe optique. La distance de ces plans se mesure à l'aide des rayons X. Elle est égale à la longueur des bâtonnets moléculaires.

Il est naturel d'étendre cette conclusion à tous les corps mésomorphes, même à ceux qui ne prennent pas la structure à plans, étant donnée l'analogie de leurs formules chimiques.

III. Pour vérifier la deuxième hypothèse, nous nous adresserons aux expériences de Jezewski (²) et Kast (³) sur la variation que subit dans un champ magnétique la constante diélectrique *des corps nématiques* (para-azoxyanisol).

On sait que ces corps diamagnétiques s'orientent à peu près complètement dans un champ magnétique intense : leur axe (optique) se met parallèlement aux lignes de force (Mauguin). Si l'on mesure dans ces conditions le pouvoir inducteur spécifique parallèlement au champ magnétique, on constate qu'il est plus petit qu'à l'état normal où les axes moléculaires ont toutes les orientations possibles.

Il est aisé d'étendre la théorie des diélectriques de Debije au cas où un champ magnétique, se superposant au champ électrique, modifie la répartition des axes moléculaires dans l'espace. On trouve que, si le moment électrique et l'axe moléculaire sont confondus, un champ magnétique parallèle au champ électrique doit augmenter la constante diélectrique. Il la diminue au contraire si le moment est normal à l'axe. L'expérience nous impose donc la conclusion suivante : *Dans le cas des corps nématiques, le moment électrique est perpendiculaire à la chaîne moléculaire, ou, du moins très légèrement incliné sur celle-ci.*

Cette hypothèse rend compte, dans leurs grandes lignes, de certaines

---

(¹) Ed. Friedel, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 269.
(²) Jezewski, *J. de Phys.*, 6ᵉ série, 5, 1924, p. 59.
(³) Kast, *Ann. der Phys.*, 73, 1924, p. 145.

propriétés de ces substances, notamment de la *structure à fils*. Comme l'a montré G. Friedel, ces fils, lignes unies que l'on aperçoit souvent entre nicols croisés, sont des axes d'enroulement des axes optiques moléculaires. Dans notre hypothèse, ils sont constitués par des chaînes de doublets se fixant mutuellement par leurs pôles de signes contraires et autour desquelles les axes optiques prennent toutes les orientations possibles.

Si l'on soumet le liquide à un champ électrique *ces fils s'orientent parallèlement au champ* (¹). Cette expérience me paraît vérifier directement l'image proposée ici.

De même, ce résultat négatif d'une expérience de Szivessy (²) qui a tenté sans succès de créer dans un liquide nématique une polarisation électrique par un champ magnétique s'explique immédiatement.

IV. Dans les liquides smectiques, la structure à plans équidistants, l'absence d'orientation dans un champ suggèrent une structure électrique différente.

Si, comme le croit L. Royer (³), certains corps, observés par Kast et dont le pouvoir inducteur *croît* dans un champ magnétique, sont des corps smectiques, le moment électrique de ces substances est parallèle à l'axe, conformément aux idées de Born.

Bien entendu, toutes les images proposées ici ne sont qu'une première approximation, le premier terme du développement en série de la distribution des charges de la molécule.

V. Dans les corps paramagnétiques portant à la fois un moment électrique et un moment magnétique, il est naturel de supposer ces deux vecteurs perpendiculaires l'un à l'autre. Soit, par exemple, l'orbite elliptique d'un électron autour d'un ion positif, le moment magnétique est normal au plan de l'ellipse, le moment électrique est dirigé suivant son grand axe. Comme me l'a fait remarquer M. Langevin, la même conclusion découle de simples considérations de symétrie, les seuls axes (binaires) que possède un moment magnétique lui étant perpendiculaires.

Cette remarque simple rend parfaitement compte du résultat négatif des nombreuses expériences tentées pour observer la production d'une polarisation électrique par un champ magnétique ou réciproquement. Il

---

(¹) G. Friedel, *loc. cit.*, p. 378.

(²) Szivessy, *Zeitschr. f. Phys.*, 34, 1925, p. 474.

(³) L. Royer, *Journ. de Phys.*, 6ᵉ série, 7, 1924, p. 216.

ne paraît donc pas nécessaire, contrairement à l'opinion de Debije (1), d'abandonner, dans le cas des fluides, la théorie du paramagnétisme de Langevin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'adsorption de quelques acides organiques par deux charbons actifs d'origine différente.* Note de M. **P. Surun**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons étudié le pouvoir adsorbant des charbons médicinaux, pour les acides organiques en solution aqueuse et à diverses concentrations.

Les deux charbons utilisés dans ces expériences étaient des charbons activés, l'un par imprégnation au Cl^2Zn, l'autre par la chaleur; ils avaient été ensuite traités par l'acide chlorhydrique, puis lavés à l'eau distillée, jusqu'à disparition complète des chlorures.

Les expériences préliminaires nous ont montré que l'état d'équilibre est atteint après 30 minutes de contact en agitant, quelles que soient les concentrations utilisées.

Les essais ont été effectués de la façon suivante : un poids de $0^g,25$ de charbon sec, réduit en poudre et passé au tamis 45, a été agité, pendant 30 minutes, avec 50^{cm^3} de solutions $\frac{N}{10}$, $\frac{N}{50}$ et $\frac{N}{100}$ des acides suivants : acide acétique, acide oxalique, acide tartrique, acide citrique.

On a procédé à la séparation des liquides par centrifugation et déterminé ensuite les teneurs en acide, par dosage alcalinimétrique effectué en présence de phénolphtaléine, avec des solutions alcalines titrées $\frac{N}{10}$, $\frac{N}{50}$, $\frac{N}{100}$, suivant les concentrations initiales des solutions acides utilisées.

Les quantités de substances fixées par gramme de charbon, pour chacun de ces acides, sont rassemblées dans le tableau ci-contre. Elles sont exprimées en milligrammes, milliéquivalents et millimolécules.

(1) P. Debije, *Z. f. Phys.*, 36, 1926, p. 300.

Acides employés.	Concentration des solutions.	Charbon au chlorure de zinc. — Quantité fixée par gramme de charbon sec en : milli-grammes.	milli-équivalents.	milli-molécules.	Charbon activé par la chaleur. — Quantité fixée par gramme de charbon sec en : milli-grammes.	milli-équivalents.	milli-molécules.
Acide acétique..	$\frac{N}{10}$	96	1,6	1,6	84	1,4	1,4
	$\frac{N}{50}$	48	0,8	0,8	69,6	1,16	1,16
	$\frac{N}{100}$	36	0,6	0,6	61,2	1,02	1,02
Acide oxalique.	$\frac{N}{10}$	126	2	1	126	2	1
	$\frac{N}{50}$	75,6	1,2	0,6	93,2	1,48	0,74
	$\frac{N}{100}$	52,9	0,83	0,41	71,8	1,14	0,57
Acide tartrique.	$\frac{N}{10}$	135	1,8	0,9	105	1,4	0,7
	$\frac{N}{50}$	84	1,12	0,56	87	1,16	0,38
	$\frac{N}{100}$	48,5	0,64	0,32	78	1,04	0,52
Acide citrique..	$\frac{N}{10}$	203	2,9	0,97	84	1,2	0,4
	$\frac{N}{50}$	123,2	1,76	0,55	70	1	0,33
	$\frac{N}{100}$	88,4	1,26	0,42	59,5	0,85	0,28

La construction des courbes logarithmiques nous a montré que l'adsorption de ces acides par les deux charbons essayés, était parfaitement régie par la règle de Freundlich, puisque les représentations graphiques correspondaient bien à des droites.

Les résultats obtenus au cours de ces expériences ne paraissent pas en accord avec ceux signalés par MM. Fromageot et Wurmser [1] en employant le charbon Urbain. En effet, ces auteurs, pratiquant leurs essais uniquement sur des solutions $\frac{N}{100}$, admettent que l'adsorption de ces

[1] Fromageot et Wurmser, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 972.

mêmes acides, exprimée en millimolécules, va en augmentant depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide citrique et concluent que, d'une façon générale, l'adsorption des acides organiques est d'autant plus importante que le nombre de groupements COOH dans la molécule acide est plus grand.

Or les chiffres donnés dans le tableau ci-dessus nous conduisent au contraire à des résultats diamétralement opposés. En effet, la fixation de ces acides par le charbon au chlorure de zinc paraît d'autant plus importante que le nombre de groupements COOH dans la molécule est plus grand lorsqu'on rapporte l'adsorption en milligrammes ou en milliéquivalents, mais devient généralement plus faible lorsqu'on l'exprime en millimolécules. D'autre part, l'adsorption de ces acides par le charbon activé par la chaleur ne suit aucune règle précise lorsqu'elle est représentée en milligrammes et en milliéquivalents; mais, par contre, décroît nettement depuis l'acide acétique jusqu'à l'acide citrique lorsqu'elle est chiffrée en millimolécules.

Ces faits établissent qu'il est impossible de généraliser la manière de voir admise par MM. Fromageot et Wurmser dans le cas de l'adsorption des acides organiques par le charbon Urbain. Leurs conclusions à ce sujet sont complètement infirmées par nos déterminations, effectuées avec deux autres variétés de charbons, qui démontrent, au contraire, que la fraction moléculaire des acides organiques adsorbée par ces deux charbons, est généralement d'autant plus faible que le nombre de fonctions COOH dans la molécule d'acide est plus élevé, et ceci, indépendamment des concentrations des solutions employées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Discussion des résultats obtenus dans l'étude quantitative de l'association du chlorure mercurique.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (¹) nous avons fait par voie ébullioscopique, une étude quantitative de l'association du chlorure mercurique et montré, qu'à 100°, il y avait un équilibre entre la molécule triple et la molécule simple, caractérisé par $K = \frac{(C_{Cl^2 Hg})^3}{C_{Cl^6 Hg^3}} = 2,78$.

(¹) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 54.

Or, depuis notre publication, nous nous sommes aperçus qu'une étude de ce phénomène avait été faite par M. G. Linhart [1] à l'aide d'une méthode basée sur la mesure du coefficient de partage entre l'eau et la benzine à 25° et 40°. De cette étude très soignée M. Linhart a conclu à un équilibre entre la molécule simple et la molécule double. Il semble donc y avoir divergence entre les résultats de M. Linhart et les nôtres : en réalité, la contradiction n'est qu'apparente. Pour le comprendre, indiquons le principe de sa méthode.

A une température donnée, on met une solution aqueuse de chlorure mercurique, de concentration C_{w_0} en présence de benzine ; il y a un rapport défini R_∞ entre la concentration de la molécule simple dans la phase aqueuse et la concentration C_b (mesurée directement) de cette même molécule dans la benzine, où elle existe seule. Si C_w est la concentration totale du chlorure mercurique dans l'eau, et R le coefficient de partage brut, on a

$$(1)\qquad C_{w_0} = C_w + C_b, \qquad C_w = C_{w_0} - C_b,$$

$$(2)\qquad R = \frac{C_w}{C_b},$$

$$(3)\qquad R_\infty = \frac{C_{Cl^2Hg}}{C_b}, \qquad C_{Cl^2Hg} = R_\infty C_b,$$

$$(4)\qquad K = \frac{C_{Cl^4Hg^2}}{(C_{Cl^2Hg})^2},$$

R_∞ correspondant à une dilution infinie, est obtenu par extrapolation de R.

$$(5)\qquad C_{Cl^4Hg^2} = \frac{C_w - C_{Cl^2Hg}}{2} = \frac{C_{w_0} - C_b - R_\infty C_b}{2}.$$

On calcule K en fonction de C_{w_0}, C_b et R_∞. On a observé à 25° :

C_b.	C_w.	10^4 K.	C_b.	C_w.	10^4 K.
21,000	286,600	2,94	8,798	111,202	2,97
17,391	232,609	3,00	5,244	64,756	3.02
12,224	157,776	2,91	0,6177	7,3823	2,94

Ces résultats, joints à ceux qu'il a obtenus à 40°, rendent indiscutables les conclusions de M. Linhart.

Mais nous nous séparons entièrement de ce savant lorsqu'il déduit des expériences ébullioscopiques de MM. Kahlenberg, Landsberger et Beckmann, que l'équilibre a lieu à 100° entre molécules simples et molécules doubles, comme dans ses propres expériences.

---

[1] G.-A. LINHART, *Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 258.

Indiquons les valeurs de K_2 et K_3, calculées à partir des données de Beckmann, et à titre de comparaison, les résultats de nos expériences :

K_2, K_3 *déduits des données de Beckmann.*

Poids de sel dans 100g d'eau.	$K_2 = \frac{C_{Cl^4Hg^2}}{(C_{Cl^2Hg})^2}$.	K_3.
13,16	0,047	0,00272
13,42	0,019	0,00112
17,60	0,045	0,00198
19,93	0,031	0,00123
22,22	0,056	0,00194

Bourion et Rouyer.

Concentration.	$K_2 = \frac{(C_{Cl^2Hg})^2}{C_{Cl^4Hg^2}}$.	K_3.	K_4.
0,525	2,48	2,48	1,76
0,583	2,33	2,58	2,02
0,700	2,04	2,71	2,49
0,875	1,77	2,94	3,29
1,050	1,33	2,69	3,49
1,225	1,11	2,68	3,95
1,400	1,01	2,84	4,72
1,575	0,858	2,80	5,17
1,750	0,770	2,86	6,49

On voit que K_3, déduit de nos expériences, offre seul une bonne constance qui impose l'équilibre entre les molécules simples et les molécules triples; K_2 et K_3, déduits des données de Beckmann, présentent le même défaut de constance parce que l'erreur expérimentale, qui est seulement de $\pm 0{,}003$ dans nos expériences, atteint parfois 0°,020 dans les mesures de ce savant.

En résumé, il y a équilibre entre les molécules simples et les molécules doubles de chlorure mercurique à 25° et 40°, pour des concentrations ne dépassant pas 0^{mol},37 (expériences de M. Linhart). Il y a équilibre entre les molécules simples et les molécules triples à 100° et pour des concentrations supérieures à 0^{mol},5 (expériences de F. Bourion et E. Rouyer).

On explique aisément ces résultats par l'accroissement de la constante K_2 de M. Linhart avec la température et par une augmentation de l'association due à une élévation de la concentration (loi des masses).

Ces conclusions trouvent un point d'appui dans les résultats obtenus par

l'un de nous ([1]), dans l'étude ébullioscopique de l'association des polyphénols, où l'on a rencontré un équilibre du premier type aux basses concentrations et du deuxième type aux concentrations élevées. L'équilibre du premier type, dans le cas du chlorure mercurique, correspond vraisemblablement, à 100°, à une concentration trop faible pour que la sensibilité de la méthode ébullioscopique permette de le mettre en relief.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des réactions entre corps solides réduits à l'état colloïdal.* Note ([2]) de MM. **E. Sterkers** et **R. Bredeau**, transmise par M. C. Matignon.

On sait que, pour que les corps solides réagissent facilement les uns sur les autres, il est nécessaire qu'ils soient mis en solution dans un solvant approprié, les réactions n'étant que des combinaisons d'ions. Aussi éprouve-t-on les plus grandes difficultés à faire réagir les uns sur les autres certains corps, à poids moléculaire élevé, pratiquement insolubles et dont la combinaison se fait avec un dégagement de chaleur très faible. C'est le cas, par exemple, des acides gras, de l'acide abiétique (acide résinique) qui fournissent difficilement des sels avec les oxydes métalliques. Nous avons pensé qu'on pourrait résoudre cette difficulté en opérant avec des corps réduits à l'état colloïdal, ce dernier état étant, comme on sait, assez voisin de l'état de solution vraie. Nous avons pu combiner aisément les acides oléique, stéarique, etc., à différentes bases (magnésie, chaux, zinc) en opérant à l'aide d'un appareil, appelé « broyeur colloïdal ».

Cet appareil est constitué par deux disques tournant à grande vitesse et en sens contraire; ces disques sont munis de cloisonnement en chicanes qui obligent les particules à s'entre-choquer violemment. Cet appareil permet non seulement de réduire les corps à l'état de particules colloïdales, animées d'une grande vitesse, mais encore d'assurer un mélange parfait des corps, en présence d'un solvant approprié.

Voici à titre d'exemple, comment nous avons réussi à préparer, à froid, le résinate de calcium.

On introduit lentement dans un broyeur colloïdal une solution de colophane dans le white spirit (pétrole léger) en même temps que de la chaux

([1]) E. Rouyer, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1934.

([2]) Séance du 14 juin 1926.

éteinte pulvérisée et tamisée (tamis 80), celle-ci en quantité légèrement supérieure à la théorie; au sortir de l'appareil on obtient un produit pâteux constitué par une solution colloïdale de résinate de chaux qui se transforme bientôt en un gel. Quand l'opération est bien conduite l'acidité du produit obtenu est sinon nulle, du moins très faible (1 pour 100), résultat très difficile à obtenir par toute autre méthode.

En évaporant le solvant on obtient le résinate sous forme solide.

En opérant d'une façon analogue nous avons pu préparer entre autres : l'oléate de zinc, en partant d'acide oléique et d'oxyde de zinc, le stéarate de magnésie en partant d'acide oléique et de magnésie en poudre, etc. Le cyclohexanol constitue un solvant de choix, dans les cas ci-dessus.

Les essais que nous avons effectués nous permettent d'entrevoir la généralisation de ce mode de préparation. Celui-ci possède, sur les autres modes classiques de préparation, le grand avantage de permettre d'effectuer la réaction à froid, sans perte, ni décomposition; il évite également les filtrations auxquelles conduit la méthode par double décomposition.

Nous pensons donc que cette méthode est susceptible de rendre d'autres services.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur les relations entre les perturbations magnétiques terrestres et l'activité solaire*. Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai étudié les relations entre les perturbations du champ magnétique terrestre et l'activité solaire d'après les observations des 41 années 1883-1923, pendant lesquelles les variations de trois éléments magnétiques (déclinaison, composantes horizontale et verticale) ont été enregistrées sans interruption aux observatoires du Parc Saint-Maur ou du Val-Joyeux. L'activité solaire est définie, dans ce travail, par les nombres journaliers S de Wolf et Wolfer dits Zurich + Ausland, c'est-à-dire pour l'obtention desquels il est suppléé aux lacunes des observations à Zurich par les observations analogues faites ailleurs. Dans une partie du travail, l'agitation magnétique est définie par les nombres de 0 à 7 à l'aide desquels on représente, pour chaque journée, le degré de variabilité des courbes; parmi ces nombres, 5 correspond à des perturbations magnétiques notables, 6 à de fortes perturbations, 7 à des perturbations d'une violence exceptionnelle.

Dans ces 41 années, il y a eu 855 journées à perturbation, notées 5, 6

ou 7, soit 5,7 pour 100 du nombre total des journées. Le tableau des valeurs de S pour chacune de ces journées, pour les cinq journées précédentes et pour les trois journées suivantes permet les constatations suivantes :

1° La répartition moyenne de l'activité solaire S autour des journées à perturbation magnétique présente une variation très nette : les nombres ci-dessous donnent les valeurs moyennes de S ($S_{-5} \ldots S_0 \ldots S_{+3}$) rapportées à la valeur moyenne S_0 correspondant aux journées à perturbation.

S_{-5}.	S_{-4}.	S_{-3}.	S_{-2}.	S_{-1}.	S_0.	S_{+1}.	S_{+2}.	S_{+3}.
1,038	1,064	1,077	1,074	1,041	1	0,984	0,974	0,963.

L'activité solaire moyenne passe comme on voit par un maximum qui est environ deux jours et demi avant les journées à perturbation magnétique.

2° Dans le détail, il n'y a pas de correspondance directe entre les valeurs caractérisant l'agitation magnétique et celles caractérisant l'activité des taches. Par exemple, pendant les époques de faible activité solaire, des journées à perturbation magnétique notées 5, 6 ou 7 correspondent parfois à une absence complète de taches non seulement le jour de la perturbation et les deux ou trois jours précédents, mais aussi pendant des durées plus longues. J'ai noté 30 journées à perturbation magnétique telles que l'activité des taches solaires est nulle pour la journée même, pour les 5 journées qui la précèdent et pour les 3 journées qui la suivent. La seule correspondance numérique générale consiste en ce que l'activité des taches autour des journées à perturbation magnétique est en moyenne beaucoup plus grande aux époques de maximum des taches qu'aux époques de minimum.

Ainsi la statistique générale manifeste une relation entre l'agitation magnétique et l'activité des taches, avec un retard moyen d'environ deux jours et demi de la première sur la seconde, mais la recherche détaillée d'une correspondance montre que beaucoup de perturbations magnétiques ne sont précédées de l'apparition d'aucune tache solaire à laquelle on puisse les relier.

On peut interpréter ces faits en admettant que parmi les perturbations magnétiques, les unes sont reliées aux taches solaires alors que d'autres ont une origine différente. Il n'est pas nécessaire de supposer que les perturbations de la première catégorie dépendent directement des taches; il se pourrait que les taches d'une part et d'autre part ces perturbations magné-

tiques fussent des manifestations d'un même état quasi périodique du Soleil. L'origine des perturbations de la deuxième catégorie pourrait d'ailleurs se rattacher indirectement aux phénomènes dont dépendent les taches.

Dans la deuxième catégorie se rangeraient une grande partie des perturbations qui se produisent pendant les périodes de faible activité des taches, par exemple celles qui se sont manifestées pendant les 30 journées citées plus haut. Mais une statistique portant sur ces périodes (en fait, sur 10 années comprenant 121 journées à perturbation magnétique) manifeste la même relation avec l'activité des taches que la statistique générale, avec des caractères un peu différents; le tableau donné ci-dessus est remplacé par le suivant :

S_{-5}.	S_{-4}.	S_{-3}.	S_{-2}.	S_{-1}.	S_0.	S_{+1}.	S_{+2}.	S_{+3}.
1,120	1,346	1,292	1,180	1,084	1	0,975	0,941	0,848

Il y a encore un maximum, mais il est plus accentué, et l'intervalle qui le sépare des journées à perturbation est plus grand que pour le maximum de la statistique générale, 3 jours $\frac{3}{4}$ environ au lieu de 2 $\frac{1}{2}$. Dans l'hypothèse où toutes les perturbations magnétiques dépendraient d'une même cause générale d'origine solaire, on pourrait interpréter ainsi les phénomènes : cette cause présenterait à ces époques une intensité relativement faible; d'une part, il arriverait fréquemment qu'elle ne donne pas lieu à des taches visibles; d'autre part, elle produirait les perturbations magnétiques avec un retard plus grand qu'aux autres époques.

BOTANIQUE. — *Sur les pigments du* Sterigmatocystis nigra. Note (1) de M. Alb. Frey, présentée par M. M. Molliard.

Le *Sterigmatocystis nigra* forme deux pigments :

1° Le *pigment noir* des spores bien connu, qui a été caractérisé sous le nom d'aspergilline par Linossier (2);

2° Un pigment *jaune doré*, signalé par Milburn (3) dans des cultures sur de la peptone acidifiée.

---

(1) Séance du 14 juin 1926.
(2) G. Linossier, *Comptes rendus*, 112, 1891, p. 489 et 807.
(3) Th. Milburn, *Zentralbl. f. Bakteriologie*, II, 13, 1904, p. 269.

Le pigment jaune se forme également dans des cultures âgées sur le milieu de Molliard ([1]) quand on empêche le mycélium de fructifier. Dans ce but, il faut déséquilibrer le milieu de façon qu'au cours du développement du champignon, l'acidité actuelle du liquide dépasse le seuil de pH = 2,2 ; au delà de ce seuil, d'après nos mesures, il n'y a en général plus de fructification. On y parvient en remplaçant PO^4KH^2 du milieu de Molliard, en grande partie ou totalement, par PO^4Na^2H, ou en substituant au AzO^3AzH^4 le $ClAzH^4$. Ce dernier procédé fournit des solutions particulièrement bien colorées, tandis que dans le premier cas, la plus grande partie du colorant reste fixée sur le mycélium au contact du liquide.

Outre ces deux pigments, nous avons trouvé une *matière chromogène* qui apparaît comme le pigment jaune dans les cultures âgées où la fructification a été empêchée; elle s'annonce par un virage au jaune foncé quand on alcalinise le liquide. Par neutralisation, cette coloration disparaît; on peut la provoquer et la faire disparaître plusieurs fois. La matière chromogène serait donc un indicateur dont la forme acide est incolore, et la forme alcaline, jaune foncé; on ne parvient cependant pas à bien préciser son champ de virage parce que c'est un corps très *instable*. La couleur de la forme alcaline ne tarde pas à virer au violacé et, exposée à la lumière ou additionnée de quelques gouttes d'eau oxygénée, elle pâlit rapidement. Ces mêmes procédés permettent de détruire la matière chromogène sous sa forme acide incolore.

Il s'agit de trouver des relations entre ces trois corps : l'aspergilline, le pigment jaune et la matière chromogène. Pour les comparer, nous choisissons des solutions ammoniacales de chacun d'eux. Nous trouvons alors les caractères communs et distinctifs que voici :

	Aspergilline.	Matière chromogène.	Pigment jaune.
Couleur	brun foncé	jaune foncé	jaune d'or
Au spectroscope	absorption de toutes les radiations; elle augmente du rouge au bleu		absorption du violet et du bleu en partie
A la lumière	inaltérée	décolorée	inaltéré
Avec H^2O^2	décolorée	»	pâli ([2])
Avec $Ba(OH)^2$	précipité noir	précipité brunâtre	pas de précipité

On pourrait s'attendre à ce que le pigment jaune et la matière chromogène soient en relation directe, puisque les deux apparaissent dans les cul-

([1]) M. Molliard, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 41.

([2]) Exposée à la lumière complètement décolorée.

tures âgées et stériles. Cependant, au point de vue chimique, ils ne se ressemblent pas du tout; le pigment jaune ne montre aucune réaction avec les alcalis et les acides, et il n'est point précipité par $Ba(OH)^2$. Par contre, le tableau ci-dessus montre qu'au point de vue optique et chimique, la matière chromogène se rapproche de l'aspergilline; si l'on ajoute à ce fait que la matière chromogène se trouve être particulièrement abondante dans les cultures qui sont en train de fructifier, on peut en conclure qu'elle est probablement en rapport étroit avec le pigment des spores. Dans le milieu normal de Molliard, le champignon produit tant d'acide que le seuil de pH = 2,2, qui permet la fructification, est franchi (le pH peut atteindre la valeur de 1,6); c'est seulement après la disparition des sucres dans le milieu, que le pH remonte à 2,4 où la fructification est possible, et à ce moment, on constate un maximum de matière chromogène dans le liquide. Après la sporulation, on n'en trouve plus dans le milieu. Il est donc probable que ce corps instable représente un stade préliminaire et transitoire de l'aspergilline, et ceci justifierait le terme de *chromogène* que nous lui avons donné.

Le pigment jaune est facilement soluble dans l'alcool neutre, tandis que, pour dissoudre l'aspergilline, il faut de l'alcool acidifié; avec de l'alcool neutre on en extrait seulement une partie qui fournit une solution jaune foncé. Or Milburn (*loc. cit.*) est d'avis que les spores du *Sterigmatocystis* contiennent les deux pigments : le jaune et l'aspergilline, et suppose que le pigment jaune fournit l'aspergilline par voie d'oxydation; nous avons montré qu'au contraire, le pigment jaune est décoloré par l'eau oxygénée, et jamais nous n'avons pu constater que des solutions alcooliques du pigment jaune brunissent ou noircissent quand on les expose à la lumière, comme Milburn l'indique. Pour nous, la pigmentation n'est donc pas complexe lors de la sporulation normale et le pigment jaune apparaît seulement lorsque la formation de l'aspergilline est supprimée.

En résumé, nous pouvons dire que le pigment jaune n'est pas un corps de transition, mais un pigment stable qu'on peut mettre en parallèle avec l'aspergilline, tandis que la matière chromogène, récemment découverte, serait un stade préliminaire du pigment noir.

BOTANIQUE. — *L'hétérogamie des spores de Prèles et les caractères de sexualisation du cytoplasme.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. L. Mangin.

Equisetum limosum présente deux sortes de spores qui se distinguent par les mêmes méthodes et avec les mêmes réactifs que ceux utilisés pour *Equisetum arvense* (1). Les spores A, moins colorables par les réactifs ou par leurs leucodérivés, ont un rH inférieur à celui des spores B; ces dernières ont des réactions semblables à celles du pollen des phanérogames; les réactions des spores A ressemblent à celles des ovules (2). Pour les deux espèces de Prèles, les différences de rH entre les spores A et B peuvent se manifester par d'autres méthodes: 1° par l'action des sels réductibles. Dans une solution de chlorure d'or ou dans une solution d'azotate d'argent, les spores A, plus réductrices, sont plus colorées que les spores B. Ces réactifs, appliqués aux phanérogames (œillet, lis), donnent les ovules plus colorés que le pollen. 2° Dans une solution de permanganate de potassium à $\frac{1}{1000}$, les spores A ont une action décolorante plus marquée que celle des spores B. L'ovule des phanérogames (œillet, lis, giroflée) décolore le réactif plus fortement que ne le fait le pollen.

Le réactif des peroxydases (benzidine + H^2O^2), appliqué aux deux espèces de Prèles, montre que les spores B ont une réaction plus intense que celle des spores A. Avec les phanérogames (œillet, lis, renoncule rampante) la réaction est plus intense pour le pollen que pour l'ovule. Ainsi les résultats des diverses méthodes utilisées concordent pour montrer que les spores A se rapprochent des ovules, les spores B, des grains de pollen. D'autre part, l'essai des divers réactifs sur une fougère (*Polypodium vulgare*) n'a montré aucune différence parmi les spores. Pour les deux espèces de Prèles étudiées, je considère les spores A, dont le rH intracellulaire est le plus faible, comme des spores ♀ ; les spores B sont des ♂.

Il est possible que les différences d'intensité de la réaction des peroxydases ne constituent pas un caractère indépendant de différenciation sexuelle, mais une simple manifestation des différences de rH. Ces deux propriétés, richesse en peroxydases et valeur du rH intracellulaire, ont en effet une

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 980.
(2) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 1113.

qualité commune, c'est l'indépendance relative qu'elles manifestent, l'une et l'autre, vis-à-vis des variations de l'intensité respiratoire.

Les différences notées, tant chez les Prêles que dans les Grégarines (¹), sont des caractères de sexualisation cytoplasmique fondamentaux et primitifs. Un caractère comme la différence de rH, commun à des groupes aussi éloignés, a probablement la valeur d'un caractère général et, volontiers, j'énoncerais la proposition suivante : La valeur du rH intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme; dans une espèce, les cellules polarisées dans le sens ♀ ont un rH inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens ♂.

Il reste encore à faire l'étude de nombreux groupes avant de pouvoir affirmer la généralité de cette proposition; elle se trouve toutefois en accord avec les découvertes récentes sur les vitamines et son énoncé nous permet de concevoir les rapports qui peuvent exister entre deux catégories de résultats sur la vitamine B au sujet desquelles aucune relation n'a encore été établie. L'orientation et le développement des cellules sexuelles étant lié, comme nous le pensons, aux valeurs du rH intracellulaire dépendent des conditions d'oxydation intracellulaires. Si dans un organisme on pouvait diminuer le pouvoir d'oxydation des tissus [condition qui, d'après Drummond (²), semble réalisée par la déficience en vitamine B], parmi les cellules sexuelles, celles qui sont polarisées dans le sens ♂ seraient, étant donnée la valeur de leur rH, les premières à souffrir de cette diminution. Or, la première manifestation histologique de la déficience en vitamine B est précisément une dégénérescence des testicules et, par ailleurs, la déficience provoque une diminution du nombre des ♂ dans la descendance (²).

Dans les Prêles et les Grégarines, si les différences de pH entre deux espèces voisines, au même stade d'évolution, paraissent faibles, les différences de rH sont plus appréciables. L'ensemble des diverses réactions montre, par la comparaison des spores du même sexe, que le rH intracellulaire des spores est plus faible pour *E. limosum* que pour *E. arvense*.

L'hétérogamie physico-chimique des spores de *E. limosum* est légèrement plus prononcée que dans l'autre espèce. En outre, on voit, par les colorations vitales, que quand les spores de *E. limosum* ont des différences de tailles, les plus petites sont en majorité des ♂. Ainsi se trouve réalisé dans cette espèce un essai d'hétérogamie morphologique.

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1295.

(²) J.-C. Drummond, *Revue gén. des scienc. p. et ap.*, 37, 1926, p. 262.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des matières organiques, des matières minérales, et en particulier du calcium, dans les feuilles des arbres pendant le jaunissement automnal.* Note [1] de MM. **R. Combes** et **R. Echevin**, présentée par M. Molliard.

Les travaux entrepris sur le chimisme des feuilles en automne ont amené à classer les corps qui entrent dans la constitution des tissus foliaires en deux groupes suivant la manière dont ils se comportent au cours du jaunissement : les uns, tels que l'azote, le phosphore, le potassium, disparaissent des feuilles, et ont été considérés comme émigrant vers les organes vivaces; les autres, parmi lesquels on place le calcium, le silicium, le soufre, semblent s'accumuler au contraire dans les feuilles à la fin de la période de végétation active.

Reprenant l'étude de la physiologie des arbres en automne, nous avons fait porter nos premières recherches sur un représentant considéré comme typique de chacun de ces groupes : l'azote d'une part, le calcium d'autre part.

L'un de nous a fait connaître antérieurement les résultats de ses recherches sur le sort des substances azotées [2]; nous allons résumer ici ceux auxquels nous ont conduits nos premières études sur le calcium.

Pour connaître les variations réelles que subissent les constituants des feuilles en automne, il faut que les résultats des dosages effectués sur les organes récoltés aux divers stades du jaunissement soient rapportés à un même nombre de feuilles comparables, ou bien à une même surface foliaire, la surface des feuilles n'éprouvant pas de variations en fin de végétation. Les variations déduites de l'examen des résultats rapportés à un poids déterminé de substance sèche ne sont qu'apparentes, le poids de la substance sèche d'une feuille variant lui-même d'une manière notable au cours du jaunissement.

Nous avons opéré sur des lots de tissus foliaires représentant des surfaces exactement égales pour les diverses récoltes effectuées sur une même espèce; chacun de ces lots était en effet constitué par un même nombre de rondelles de feuilles découpées à l'emporte-pièce.

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) R. Combes, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2056; 182, 1926, p. 984 et 1169.

La première récolte a été faite quand les feuilles étaient encore vertes, la seconde, au début du jaunissement, la dernière au début du brunissement.

Quelques-uns des résultats obtenus, correspondant, pour une espèce donnée, à une même surface foliaire, sont réunis dans le tableau ci-dessous. Les chiffres qu'il contient représentent, en milligrammes, les moyennes des quantités de substances trouvées dans plusieurs analyses. En outre des quantités absolues, y figurent également les teneurs de 100g de substance sèche en matières minérales et en calcium.

	Matières minérales.			Calcium.			Matières minérales p. 100.			Calcium pour 100.		
Feuilles...	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.	vertes.	jaunes.	brunes.
Castanea..	114	71	62	27	20	15	4,68	4,44	4,55	1,21	1,26	1,12
Acer ps. pl.	247	173	165	55	41	39	14,10	14,10	14,14	3,17	3,32	3,38
Æsculus..	148	130	115	34	34	32	10,14	14,48	14,30	2,34	3,76	3,99
Acer pl...	159	138	130	38	34	28	11,70	12,32	13,93	2,80	3,08	3,03
Fagus....	121	106	98	25	21	20	8,67	8,71	9,58	1,81	1,76	1,98
Corylus...	129	127	146	35	38	42	7,24	8,73	10,44	1,94	2,63	3,03

L'ensemble de nos résultats nous a conduits aux constatations suivantes :

1° La substance sèche constituant les feuilles subit une diminution dans tous les cas; cette diminution varie, suivant les arbres considérés, de $\frac{4}{20}$ à $\frac{9}{20}$ de la substance initiale.

2° La variation réelle des substances minérales contenues dans les feuilles est une diminution dans cinq espèces sur six, la baisse variant entre $\frac{4}{20}$ et $\frac{9}{20}$ de la substance minérale initiale; dans un cas seulement, chez le *Corylus*, une légère augmentation est constatée. Dans la plupart des espèces étudiées, les feuilles éprouvent donc une perte de matières minérales pendant le jaunissement. Cette constatation est en contradiction avec les idées actuellement admises sur ce point : on considère qu'en règle générale il se produit dans les feuilles des plantes ligneuses, à la fin de la végétation, une augmentation des matières minérales.

Cette contradiction s'explique si, au lieu d'envisager les variations réelles qu'éprouvent les matières minérales, on examine les variations apparentes exprimées par les teneurs successives de 100g de substance sèche en matières minérales : chez quatre des espèces étudiées, la teneur en matière minérale augmente, elle reste à peu près constante dans les deux autres.

Des résultats précédents et des résultats obtenus par les auteurs peu nombreux qui ont indiqué les quantités absolues de substances trouvées dans leurs dosages, on peut conclure qu'il ne paraît pas exister de loi géné-

rale relative au mouvement des matières minérales dans les feuilles des arbres en automne; il peut y avoir appauvrissement ou au contraire enrichissement des feuilles suivant les espèces que l'on étudie.

3° Les mêmes constatations peuvent être faites si l'on considère le calcium en particulier. Contrairement à l'opinion actuellement admise, cet élément diminue dans les feuilles au cours du jaunissement chez toutes les plantes étudiées sauf une, le *Corylus*. Les résultats rapportés à 100g de substance sèche indiquent au contraire, chez cinq de ces espèces, une variation apparente qui est une augmentation.

4° L'ensemble des matières organiques paraît, par contre, subir dans les feuilles en automne, une variation qui se présente toujours dans le même sens. Chez toutes les plantes étudiées ces substances éprouvent une diminution appréciable, variant entre $\frac{5}{20}$ et $\frac{9}{20}$ de la quantité initiale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des cires de fleurs : cire de Roses* (I). Note de M. **H. Prophète**, présentée par M. Moureu.

De toutes les cires végétales, celles provenant des fleurs ont été à peine étudiées. Quelques travaux sur la cire des fleurs de différentes variétés de Jasmin [*Jasminum grandiflorum* (1) et (2), *Jasminum odoratissimum* (3), du *Trifolium incarnatum* (4), du *Matricaria chamomilla* (5), de mimosa (6), d'œillet (7) et d'orange (8) sont, à notre connaissance, les seules données que nous possédons sur ce sujet.

Nous avons eu à notre disposition une petite quantité de cire de rose, provenant de la région de Grasse (9), obtenue par glaçage et filtrage de la solution alcoolique concrète.

(1) Radcliffe et Allen, *Journ. Soc. Chem. Industry*, 28, 1909, p. 227.

(2) Fargeaud, *Travail diplôme de chimiste*, 1925. *Institut de Chimie et de Technologie Clermont-Ferrand*, non publié.

(3) Tsachibaski et Tasaki, *Chem. Industry Tokio*, 21, 1918, p. 1117.

(4) Rogerson, *Chem. Soc. Londres*, 97, 1910, p. 1004.

(5) Power et Browning, *Chem. Soc. Londres*, 105, 1914, p. 1829 et 2280.

(6) Monnery, 1923, *dip. Inst. Ch. Techn. Clermont-Ferrand*, non publié.

(7) Guérin, 1923, *ibid.*, non publié.

(8) Moricet, 1924, *ibid.*, non publié.

(9) Maison Tombarel frères.

La cire de rose se présente sous forme d'une masse solide de couleur vert olive, opaque, très dure, fondant complètement au bloc Maquenne entre 55-58°,5, au tube capillaire à 61°. Point de solidification au tube 58°,5-59°,5. Teneur en eau et matières volatiles à 110° de 0,68 pour 100. Proportion de « non gras » 0,1 pour 100. Complètement soluble à froid dans le chloroforme, la benzine, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole. Partiellement soluble dans l'éther, l'alcool et l'acide acétique même à chaud : la partie soluble est formée par les portions les plus fusibles qui renferment entre autres les composés non saturés.

Indice de saponification 29,8; indice d'iode 13; indice de Reichert-Meissl 1,35; indice de Hehner 97,4 pour 100; indice d'acétyle 31 [Méthode Lewkowitsch (1)], 31,9 (Méthode de Leys (2); indice d'acide 3,15; indice d'éther 26,55.

Tous ces nombres ont été déterminés sur la cire non débarrassée de l'eau et des matières volatiles qu'elle renferme. Ils indiquent que la cire de rose est constituée en majeure partie par de l'insaponifiable, mélangé à des acides gras presque complètement éthérifiés par des alcools supérieurs. Elle ne renferme qu'une faible proportion de produits non saturés et de composés volatils.

Nous croyons intéressant de comparer ces différentes constantes avec celles des autres cires signalées.

	I_s.	I_i.	$I_{R.-M.}$	I_H.	$I_{acétyle}$.	I_{acide}.
Cire de jasmin : Radcliffe.....	65,8	52-53	»	»	»	»
» Fargeaud....	67,1	52,6	1,1	98,4	27	2,6
Cire de mimosa............	67,9	25,2	0,85	98,1	34,8	5,5
Cire d'œillet...............	26,7	9,4	0,73	98,9	28.5	24,1
Cire d'orange..............	100,5	77,1	0,78	92,4	»	6,4
Cire de rose...............	29,8	13	1,35	97,4	31	3,15

Séparation des acides gras et de l'insaponifiable. — Après saponification par la potasse alcoolique, évaporation de la majeure partie de l'alcool et neutralisation de l'*excès d'alcali*, en vue d'éviter ultérieurement la formation d'une émulsion difficilement résoluble, la reprise de la masse par l'eau permet de séparer l'insaponifiable. De la solution on régénère à la façon habituelle les acides fixes par acidification chlorhydrique ou acétique et on les purifie par transformation en sels de chaux. Des eaux mères on extrait les acides solubles soit par le chloroforme, soit par la benzine.

Acides gras insolubles 17 pour 100; acides gras solubles 1,6 pour 100; insaponifiable 80,2 pour 100. Les méthodes de M. Leys (3) fournissent également de bons résultats.

---

(1) Lewkowitsch, *Huiles, graisses et cires*, 1, 3e édition, traduction française, p. 361.

(2) *Journal Pharmacie et Chimie*, 25, 1922, p. 49.

(3) *Journal Pharmacie et Chimie*, 5, 1912, p. 577, et 1, 1925, p. 417.

Insaponifiable. — P. F. au bloc Maquenne 54°; indice d'iode 8,6; indice d'acétyle 33,3. L'insaponifiable contient des sels de potassium d'acides alcools, des carbures et des alcools. Leur séparation a été faite par le traitement au mélange alcool amylique-acide chlorhydrique, d'après le mode opératoire de M. Leys (*loc. cit.*) : carbures 56,5 pour 100; alcools 20,2 pour 100; acides alcools 3,2 pour 100.

ACIDES GRAS. — 1° *Acides insolubles.* — Les acides séparés de l'insaponifiable, comme il est dit ci-dessus, fondent à 56°-57°, possèdent un indice d'iode de 32, un indice de neutralisation de 129. Ils rancissent à l'air en donnant des oxyacides insolubles dans l'éther de pétrole; après un séjour de 6 mois, par exemple, dans un flacon bouché, 8 pour 100 des acides ont été oxydés. La séparation des acides saturés et des acides non saturés ne peut être effectuée ni par la méthode classique aux sels de plomb, ni par le procédé de M. Leys aux sels de cuivre (*loc. cit.*). Nous n'avons pu obtenir les acides saturés à l'état de pureté. Les produits les plus purs isolés avaient encore un indice d'iode de 4,7.

2° *Acides solubles.* — Ces acides forment une masse gluante, odorante, fondant à 57°-59°. La petite quantité que nous avons pu isoler ne nous a pas permis d'en déterminer les principaux indices.

CRYPTOGAMIE. — *Sur le développement des spores d'une Floridée endophyte :* Colaconema Bonnemaisoniæ, *Batt.* Note [1] de M. E. CHEMIN, présentée par M. L. Mangin.

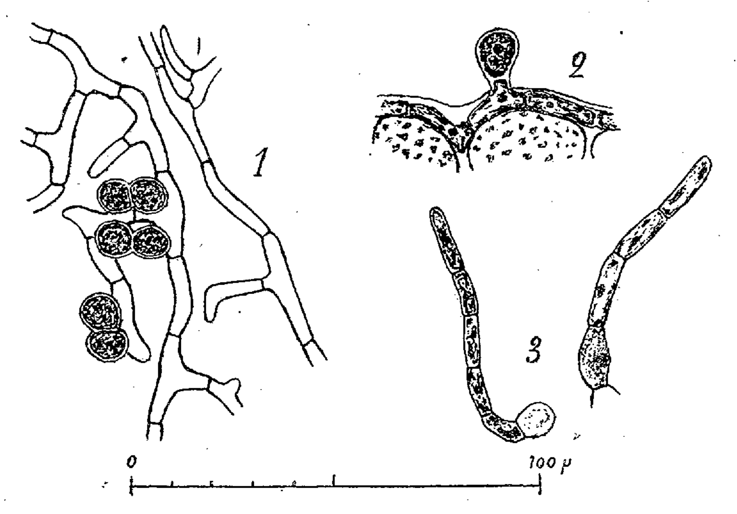
A.-L. Batters [2] a signalé sur *Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw.) Ag. une petite Floridée dont il a fait le type de son genre *Colaconema*. Je l'ai observée sur la plupart des individus de *Bonnemaisonia* ramenés par dragage aux environs de Roscoff pendant l'été de 1925. Si elle n'avait pas été remarquée jusqu'ici en cette station cela tient vraisemblablement à sa petite taille et à ce qu'elle se confond par la couleur avec son support.

Les figures 1 et 2 donnent une indication de la forme, de la structure et du mode de vie. Des filaments longs, ondulés, ramifiés, de 3 à 5μ de diamètre rampent à la sur-

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) A.-L. BATTERS, *Some new british marine Algae* (*The Journ. of Bot.*, 34, 1896, p. 8).

face de l'hôte. Ils sont formés d'une file de cellules 5 à 10 fois plus longues que larges émettant assez souvent un prolongement latéral, point de départ d'une ramification. Les chromatophores forment de larges plaques pariétales qui se distinguent facilement des chromatophores en petites plaquettes isolées des cellules de *Bonnemaisonia*. Les filaments sont inclus dans la membrane externe de l'hôte; en raison des inégalités de la surface ils en sortent parfois pour y rentrer un peu plus loin; exceptionnellement ils s'enfoncent dans la lamelle moyenne des cellules corticales sans jamais pénétrer à l'intérieur de ces cellules. C'est donc un endophyte comme l'a vu Batters, il ne paraît exercer aucune action sur son hôte.



Colaconema Bonnemaisoniæ. — 1, Filaments avec quelques sporanges vus de face; 2, coupe transversale avec un sporange en formation; 3, deux germinations âgées de 10 jours.

Les sporanges sont fréquents; ils sont généralement groupés formant des taches rouge sombre; leur diamètre moyen est de 10$^{\mu}$; ils ne sont jamais segmentés; ce sont des monosporanges.

Des fragments de *Bonnemaisonia*, porteurs de *Colaconema*, placés dans un cristallisoir avec de l'eau de mer sur des lames de verre, laissent échapper des spores qui se fixent d'autant mieux qu'on a pris le soin de paraffiner les lames. Ces spores germent aussitôt après leur sortie et donnent un filament dans lequel tout le contenu de la spore se répand. Le filament se segmente et, vers le dixième jour, on peut compter de 4 à 5 cellules; de la spore initiale il ne reste plus que l'enveloppe parfois détruite (*fig.* 3). Le filament continue à s'allonger, à se segmenter, et des ramifications apparaissent. Au bout de 18 jours il peut comprendre une quinzaine de cellules parmi lesquelles des cellules renflées plus colorées apparaissent sur les côtés comme des monosporanges en formation. Après six semaines

les cultures étaient encore vivantes; les filaments n'étaient pas sensiblement plus longs, car, si de nouvelles cellules se formaient à un bout, à l'autre bout les cellules anciennes mouraient et se désorganisaient, les monosporanges n'avaient pas continué leur évolution. Le mode de germination rentre donc dans le « type filamenteux » ou keimschlauchtypus de Kylin, ce qui peut justifier la position systématique du genre *Colaconema* dans la famille des *Helminthocladiaceæ*.

Si je n'ai pas obtenu, ce qui était mon but principal, une évolution complète de la plante il est intéressant de noter que cette Algue endophyte peut germer en dehors de son hôte habituel et vivre pendant quelque temps d'une vie indépendante, ce que je n'avais pas obtenu avec *Colaconema reticulatum* (¹). La masse formée au bout de 20 jours peut être évaluée à plus de 10 fois la masse initiale. Le même fait peut s'observer d'ailleurs chez d'autres Algues considérées comme parasites. C. Sauvageau (²) a figuré des germinations de *Polysiphonia fastigiata* obtenues en cellules ou sur lames où la masse formée pouvait atteindre 40 fois la masse initiale ; j'en ai moi-même obtenu de semblables.

Chez les Phanérogames parasites il existe souvent une phase libre au début de la germination ; dans ce cas le premier développement se fait aux dépens des réserves de la graine et l'absorption d'eau est nécessitée uniquement par la récupération de l'eau perdue lors de la maturation. Chez les Algues les spores ne subissent pas une dessiccation préalable et si le protoplasme y est condensé il est impossible qu'il le soit à un degré suffisant pour décupler et davantage la masse primitive sans apport d'éléments nutritifs. On doit donc admettre que la croissance, au moins au début, se fait aux dépens de l'eau de mer. Si elle peut se poursuivre dans ces conditions pendant plusieurs semaines, serait-elle impossible par la suite ? Il est difficile de l'admettre d'autant plus que rien ne permet d'affirmer l'existence d'un effet de succion du prétendu parasite sur son hôte. Si la croissance s'arrête au bout d'un certain temps, c'est que l'adhérence au verre n'est pas suffisante et que le support manque. N'est-ce pas le cas de la grande majorité des Algues qui cessent de prospérer dès qu'elles sont détachées ?

(¹) E. CHEMIN, *Sur une Floridée endophyte :* Colaconema reticulatum *Batt.* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 982).

(²) C. SAUVAGEAU, *Observations biologiques sur le* Polysiphonia fastigiata *Grev.* (*Rec. des trav. bot. néerlandais*, 18, 1921, p. 213).

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines hydro-solubles B contenues dans la levure de bière existent-elles préalablement dans le milieu de culture?* Note de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. Pierre Viala.

Nous avons montré (1) que la levure de bière et les extraits de levure de bière ont, en ce qui concerne leur teneur en vitamines B, une valeur supérieure à celle d'autres *Saccharomyces* et d'autres extraits de levure d'origine différente. L'extrait de levure de bière employé agissait comme s'il renfermait abondamment deux facteurs B distincts : un facteur d'entretien (ou de fonctionnement) et un facteur essentiellement curatif de la polynévrite.

Nous avons voulu savoir si, à cette richesse en vitamines B de certaines levures, correspondait une richesse analogue des milieux sur lesquels les levures sont cultivées.

Technique. — Nous avons soumis à l'épreuve de réactifs-animaux (Pigeons adultes et jeunes Rats) très sensibles à l'avitaminose B : 1° une levure basse (*Saccharomyces cerevisiæ*) séchée à l'étuve à 50°, ayant été cultivée sur un moût de bière exclusivement préparé avec du malt (orge germée séchée et privée de sa radicule) et avec du houblon; 2° du *houblon* desséché; 3° de l'*extrait de malt* sec, qui renferme tous les principes solubles du malt existant dans le moût de bière.

Pour la recherhe des vitamines B dans la *levure de bière* et le *houblon*, nous avons employé les régimes artificiels (*uniquement privés des facteurs B*) de L. Randoin et H. Simonnet, mais légèrement modifiés.

	Fibrine.	Caséine.	Albumine d'œuf.	Graisse de beurre.	Dextrine blonde.	Sels.	Papier filtre et agar-agar.
Pigeon.......	5	6	5	4	66	4	10
Rat..........	6	6	6	10	68	4	à volonté

Avec plusieurs lots d'animaux, nous avons fait les essais suivants :

I. Essai-témoin avec régime sans vitamines B, a base de dextrine (*fig.* 2).

II. *Essai avec addition de levure de bière sèche* (5 *pour* 100) *à ce régime* (*fig.* 1).

III. *Essai avec addition de houblon sec* (5 *pour* 100) *au même régime* (*fig.* 3).

En ce qui concerne l'*extrait de malt sec*, — dont l'analyse chimique nous a donné les résultats suivants : matières azotées, 4,3; matières grasses, 0,08; dextrine, 17,2; maltose, 74,9; cendres, 1,3; eau, 2,0 — nous avons constitué des régimes de même composition centésimale que les régimes-témoins, mais dans lesquels l'extrait de malt remplaçait la totalité de la dextrine.

---

(1) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1408.

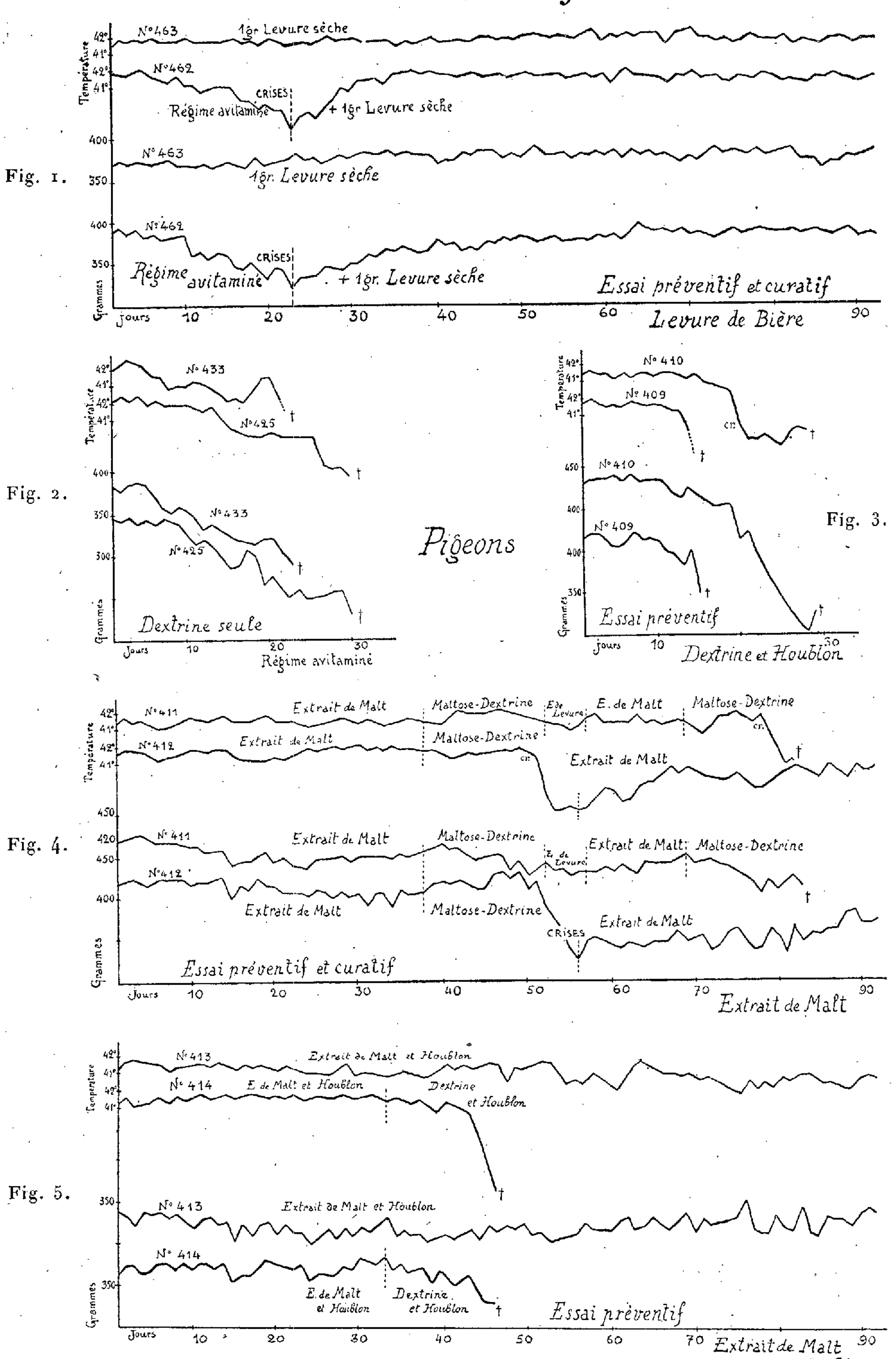


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

IV. *Essai préventif et curatif avec régime à base d'extrait de malt sec* (*fig.* 4).

V. *Emploi momentané d'un régime renfermant les glucides de l'extrait de malt* (*maltose + dextrine*), *mais dépourvus des facteurs B* (*fig.* 4).

VI. *Essai avec régime à base d'extrait de malt* + 5 *pour* 100 *de houblon sec* (*fig.* 5).

Nous donnons ici des courbes de poids et de température concernant les Pigeons, lesquels ont reçu chaque jour, *par gavage*, 20^{g} de ration. Avec nos expériences sur les Rats, nous avons obtenu d'ailleurs des résultats absolument comparables.

Conclusions. — I. La levure de bière cultivée sur extrait de malt houblonné renferme en abondance les vitamines hydro-solubles B qui contribuent à assurer l'entretien et la croissance des animaux et qui préviennent et guérissent les crises de polynévrite (*fig.* 1).

II. Le houblon ne possède pas ces propriétés physiologiques (*fig.* 3 et 5).

III. Mais l'extrait de malt, utilisé dans le régime à la fois comme source de glucides et comme source exclusive de vitamines B, présente ces propriétés à un haut degré. Contrairement aux autres matières sucrées employées, il apporte avec lui la quantité de vitamines nécessaire à l'utilisation des glucides qu'il renferme (92 pour 100) (*fig.* 4 et 5).

IV. Les vitamines hydro-solubles B contenues dans la levure de bière existent bien préalablement dans le milieu de culture (malt).

PHYSIOLOGIE. — *Pigments cellulaires et actions physico-chimiques.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

On a montré que le pigment vert des feuilles ne réalise toutes ses propriétés biologiques que sous l'influence des radiations peu réfrangibles. A l'égard des *autres*, il est un écran protecteur qui permet les opérations vitales [2]. Ces autres radiations, la chlorophylle ne les subit jamais sans être altérée. On peut comparer cette altération aux effets des agents physico-chimiques suivants.

1° *Actions salines.* — Une solution alcoolique de chlorophylle, d'un beau vert émeraude, est versée dans dix tubes à essais où l'on ajoute, par petites quantités :

Glucose (1), *éther* (2), *hyposulfite de soude* (3), *eau distillée* (4), *hypochlo-*

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) Jules Amar, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1353.

rite de chaux (5); *chlorures de sodium* (6), *potassium* (7), *calcium* (8); *carbonates de sodium* (9) et *de potassium* (10).

De tous ces mélanges, *seule la solution à l'hypochlorite de chaux s'est décolorée* (tube 5). Elle devient d'abord couleur de feuille-morte, très pâle, *chlorotique*, puis un dépôt jaunâtre se forme qui laisse surnager un liquide clair. Dans tous les autres tubes, la solution *brunit*, le pigment est altéré comme sous l'influence des radiations très réfrangibles.

Prenons maintenant la liqueur chlorophyllienne et faisons-la évaporer pour chasser tout l'alcool, que nous remplaçons par de l'eau. Cette liqueur aqueuse est versée dans deux tubes où, avec un peu d'hypochlorite de chaux, on mélange ici de *l'acide oxalique*, là de *l'acide tartrique*. La décoloration a lieu, mais plus nette, plus rapide, en présence de cet acide tartrique.

Or les deux acides en question sont des *réducteurs* et par eux-mêmes décolorent quelque peu le pigment. Le renforcement qu'ils apportent à l'action de l'hypochlorite s'explique de la sorte, et aussi parce qu'ils libèrent *l'ion chlore*.

Nous retiendrons donc que *l'ion chlore, qui est oxydant, détruit la couleur du pigment vert des plantes*. D'ailleurs, une solution alcoolique de chlorophylle se décolore en s'oxydant. Une feuille verte, chauffée au point où l'assimilation chlorophyllienne s'arrête, absorbera encore un peu d'oxygène et se décolorera. Enfin les radiations les plus réfrangibles, employées à grande intensité, ont ce même pouvoir décolorant sur les organes végétaux verts, d'après Würmser (1925-1926).

Or, nous savons que l'ultraviolet *oxyde* la teinture de Gayac, tandis que le rouge la réduit (Vogel). Il s'ensuit que *l'action décolorante s'exerce par un processus* d'oxydation, qu'il soit photo-chimique, ou, en général, physico-chimique.

2° *Actions physico-chimiques*. — Précisons davantage ce dernier point. Il a été établi, antérieurement ([1]), que les feuilles vertes traitées à l'alcool se *déshydratent;* et alors elles *brunissent* et deviennent cassantes. Ce phénomène consiste en une altération des micelles par plasmolyse.

Traitons, au contraire, une liqueur aqueuse de chlorophylle par la *solution sodique Amar* ([2]). Le mélange sera uniformément vert, et homogène. Ce serait exactement l'opposé, et analogue à l'effet de l'alcool, si l'on

---

([1]) JULES AMAR, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 465.

([2]) Concentration 8 pour 1000, dont 3 et 3 de phosphate et bicarbonate de soude, 2 de chlorure (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 216).

ajoutait du *chlorure de calcium*, sel coagulant, déshydratant. L'état normal, physiologique, du pigment cellulaire exige, par conséquent, l'absence de tout facteur coagulant du cytoplasma, ou brutalement oxydant.

Acides, graisses, anesthésiques altèrent non moins le pigment. Mais, dans la solution Amar, il se diffuse à merveille et reste vert. Chose curieuse, si l'on tient à la main le tube, les particules vertes auront une animation, une circulation pareilles à ce qui se voit sur le cytoplasma de *Tradescantia*. La chaleur de la main en est la cause. Laissant reposer, le mouvement s'arrête, pour reprendre en réchauffant le tube à la main. L'arrêt eût été définitif après addition d'une trace de *chlorure de calcium*.

Au lieu de ce sel, introduisons de l'hypochlorite de chaux : les particules de pigment se décolorent après s'être *étalées en minces membranes*. Ce même aspect furfuracé s'obtient par la dialyse : très peu de pigment passe dans un excès d'eau, et l'on aperçoit, à l'éclairage latéral, les petites membranes toutes orientées verticalement, et jaunies. Ce sont là des actions osmotiques (hypotonie) et capillaires.

Une dernière expérience nous retiendra davantage. Dans une solution alcoolique ou aqueuse de chlorophylle, le *courant* de deux piles Leclanché n'a point modifié la couleur; elle est demeurée uniformément verte. Par contre, électrolysons un mélange d'ovalbumine et de chlorophylle : le colloïde ira à l'anode entraînant le pigment. A la cathode, la liqueur sera jaune pâle, diluée dans l'eau.

La pigmentation, plus marquée au pôle positif, résulte de la rétraction de la matière vivante vers ce pôle. Cette matière, ou, en général, *le cytoplasma est le support nécessaire du pigment;* ils circulent ensemble, celui-ci fixé, *adsorbé* sur celui-là.

Le même phénomène se manifeste quand on remplace l'ovalbumine par un empois d'amidon à 5 pour 100, ou le pigment biologique par le violet de gentiane.

L'adsorption du pigment au colloïde est donc le trait fondamental de la pigmentation; c'est une *teinture cytoplasmique*. Ce n'est pas la chlorophylle qui s'oriente vers la lumière, mais les micelles qui en sont impregnées. L'assimilation chlorophyllienne est par là favorisée; elle n'est point la cause de l'orientation pigmentaire.

Conclusions. — La vie d'un grain de chlorophylle est conditionnée par son équilibre osmotique et capillaire, parce que, en définitive, il est une particule cytoplasmique pigmentée. Le pigment est un produit du métabolisme cellulaire, produit de défense, de protection, lié au sort de la

matière vivante. Il s'évade des vacuoles acides et des foyers d'oxydation intense, comme les cellules sécrétrices ou les zones nucléaires; effectivement, on ne l'y rencontre jamais. Il est adsorbé aux micelles et en suit le déplacement. De sorte que l'assimilation chlorophyllienne est une opération cytoplasmique exclusive du noyau.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur quelques influences physiques et chimiques dans l'hémolyse par les immunsérums hémolytiques.* Note de M. **Maurice Piettre**, transmise par M. Matignon.

Continuant nos recherches antérieures sur les localisations chimiques des diverses classes d'anticorps dans les immunsérums, nous avons montré dans une Note récente ([1]), que l'hémolysine accompagne presque quantitativement la sérumalbumine isolée par la méthode à l'acétone.

Nous nous proposons aujourd'hui, avec la collaboration de M. A. Chrétien, de préciser quelques points relatifs aux conditions physiques et chimiques dans lesquelles se produit l'hémolyse.

I. Déjà en 1909, nous avions établi avec M. A. Vila que l'hémolyse dépend très étroitement des *électrolytes* utilisés pour réaliser l'isotonie globulaire.

Des sérums de lapin, directement hémolytiques pour les globules de cheval, provoquaient la lyse des hématies de ce dernier animal en milieu chloruré sodique (8,5 pour 1000 de $NaCl$), mais restaient inactifs en milieu sulfaté sodique (5 pour 100 de SO^4K^2), ainsi d'ailleurs qu'en liqueur sucrée (7,8 pour 100 de saccharose).

Des constatations analogues viennent d'être faites avec un sérum équin, chauffé à 56°, hémolytique pour les globules de mouton.

L'hémolyse positive, dans les conditions classiques, en milieu chloruré sodique, est négative en liqueurs sulfatée sodique ou sucrée quelles que soient les proportions de sérum et d'alexine.

En liqueur iodurée (25,53 pour 1000 de KI), la réaction hémolytique exige environ cinq fois plus d'alexine qu'en milieu salé.

En solution bromurée (18,31 pour 1000 de KBr), il faut augmenter à la fois les quantités de sérum et d'alexine.

L'action des *alcalis* favorise d'abord l'hémolyse pour l'empêcher ensuite.

([1]) M. Piettre, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1051.

Dans une série de tubes contenant 10^{cm^3} de suspension globulaire, si l'on répartit, avant addition de sensibilisatrice et d'alexine, respectivement 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; ...; $0^{cm^3},55$ de $\frac{NaOH}{10}$, l'hémolyse se produit dans le même laps de temps que pour les tubes témoins, puis avec un maximum de rapidité aux environs de $1^{cm^3},5$ de $\frac{NaOH}{10}$; elle se ralentit ensuite et cesse pour une teneur de $0^{cm^3},3$ de $\frac{NaOH}{10}$. Cependant la sensibilisatrice s'est bien fixée sur les globules, et l'alexine ne semble pas avoir été touchée.

L'influence des *acides*, moins nette, exige de nouvelles expériences.

II. Nos recherches ont surtout porté sur la formation du *complexe antigène-anticorps*, première phase de la réaction hémolytique.

La sensibilisatrice ou anticorps se fixe non seulement sur le stroma globulaire lié à l'hémoglobine, suivant la notion classique, mais encore sur le stroma rendu libre artificiellement. Nous préparons les stromas d'après la technique suivante : 4^{cm^3} de suspension globulaire sont étendus de 10^{cm^3} d'eau distillée saturée d'éther; après avoir déterminé sur 1^{cm^3} de ce mélange la quantité de $\frac{HCl}{100}$ nécessaire à la bonne précipitation des stromas ($0^{cm^3},50$ en moyenne), on ajoute au reste le volume de $\frac{HCl}{10}$ calculé. Les stromas, avec leur forme histologique, précipitent; ils sont centrifugés et lavés deux ou trois fois à l'eau distillée. Remis alors en suspension dans la solution physiologique, ces stromas fixent la sensibilisatrice au même titre que les globules.

La fixation de l'hémolysine est indépendante de la forme histologique; elle a lieu sur le précipité protéinique qu'on obtient après dissolution des stromas dans des solutions étendues de $\frac{NaOH}{10}$, puis neutralisation par $\frac{HCl}{10}$, centrifugation, lavage et remise en suspension dans la solution physiologique salée.

La formation du complexe antigène-anticorps semble donc se rapprocher beaucoup plus d'une combinaison chimique que d'un simple phénomène physique d'adsorption, comme l'indiquent les faits suivants.

La fixation de l'hémolysine a lieu d'une façon spécifique sur les globules qui ont servi d'antigène. L'hémolysine anti-mouton mise au contact de globules de bœuf, de porc, reste libre dans le liquide sans mettre en jeu les forces physiques d'adhésion, d'adsorption, etc.

Comme dans les combinaisons chimiques, sensibilisatrice et antigène

s'unissent dans les mêmes proportions, toutes autres conditions étant égales d'ailleurs; un poids insuffisant de stromas ne fixe qu'une partie de la sensibilisatrice en excès. Le dosage exact des deux éléments est facilement vérifié par centrifugation; la liqueur isolée se montre inactive vis-à-vis de nouveaux globules additionnés d'alexine.

La combinaison sensibilisatrice-antigène est obtenue également avec la sérumalbumine hémolytique, éliminant ainsi les phénomènes physiques qui pourraient être attribués au sérum total, milieu colloïdal complexe.

Les conditions du milieu : teneur en $\frac{\text{NaOH}}{10}$ allant jusqu'à 5 et même 6 pour 100, en acide $\frac{\text{HCl}}{100}$ jusqu'à 1,8 pour 100, en NaCl jusqu'à 9^{g} pour 100, n'empêchent pas la combinaison sensibilisatrice-antigène. Une fois formée, elle n'a pu être dissociée.

Conclusion. — Ces expériences nous ont conduit à rapprocher désormais les phénomènes biologiques de cet ordre des réactions de la chimie, mais d'une chimie spéciale en raison de l'extrême complexité de la constitution moléculaire des protéines et dont il reste à chercher et à fixer les lois.

Les premières tentatives théoriques dans cette voie ont été faites par Erhlich, puis par Arrhenius et Madsen, assimilant la neutralisation de la toxine tétanique par son antitoxine à une neutralisation chimique combattue par Bordet. Elles pourraient être reprises, sans doute avec plus de certitude, en utilisant non plus les sérums anti en nature, mais la fraction protéinique, à laquelle sont liés les anticorps, isolée par le traitement à l'acétone.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Différenciations spontanées et provoquées dans les glandes génitales chez les Gallinacés.* Note [1] de M. J. Benoit, présentée par M. Widal.

Les cellules, autres que les ovocytes, qui contribuent à l'édification de l'ovaire de la Poule et qui proviennent de l'épithélium cœlomique, subissent, au cours de l'organogenèse de l'ovaire, des différenciations variées. Les unes évoluent en cellules folliculeuses, d'autres en cellules interstitielles, d'autres enfin, éléments vestigiaires des cordons médullaires, se répartissent dans le stroma interfolliculaire ou dans les thèques. Mais les diffé-

---

[1] Séance du 14 juin 1926.

renciations de ces divers éléments cellulaires ne sont pas toujours définitivement acquises. Lorsque, pour une raison quelconque, naturelle ou expérimentale, le nombre des ovocytes diminue considérablement jusqu'à tomber à zéro, ces différenciations sont susceptibles de subir des modifications profondes : J'ai constaté (observation inédite), dans un vieil ovaire dépourvu d'ovocytes, la transformation de cellules folliculeuses en éléments sertoliens identiques à ceux d'un testicule devenu spermatogène. D'autre part, dans des régénérats et des greffons ovariens où les ovocytes diminuent progressivement de nombre et même disparaissent complètement, j'ai observé que les cellules interstitielles riches en graisse (*Luteal cells* de Pearl et Boring) perdaient leurs enclaves lipoïdiques, et acquéraient une structure analogue à celle des cellules interstitielles d'un testicule normal. Enfin, dans les mêmes conditions expérimentales, j'ai vu les vestiges des cordons médullaires plus haut cités se transformer en cordons cellulaires « d'aspect mâle » et en tubes d'aspect sertolien ([1]). Ces cordons et tubes « mâles » peuvent également naître d'une néoprolifération de l'épithélium superficiel de l'ovaire [Caridroit et Pezard (1925), Greenwood (1925), Benoît (1926)]. Par conséquent, lors de la disparition progressive des ovocytes, certains éléments de l'ovaire subissent des modifications telles que l'organe devient structuralement semblable à un testicule qui aurait perdu lui aussi ses cellules séminales.

Je crois que l'on peut tenter d'interpréter ces faits en faisant appel aux notions, introduites en embryologie causale par W. Roux et Brachet, de « différenciations spontanées » et de « différenciations provoquées », selon les expressions de ce dernier auteur ([2]). Tout semble en effet se passer comme si les ovocytes en croissance déterminaient, tant qu'ils sont présents en nombre suffisant dans l'ovaire, la différenciation des éléments cellulaires ovariens originaires de l'épithélium germinatif. Les ovocytes « provoqueraient » la différenciation de ces derniers en cellules folliculeuses, en cellules interstitielles et en cellules des vestiges des cordons médullaires. Que les ovocytes viennent à disparaître, et celles d'entre ces cellules qui seront susceptibles de modifier leur différenciation se transformeront et prendront le type structural qui correspondra alors à leur diffé-

([1]) J. Benoit, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 875.

([2]) Les différenciations spontanées, écrit Brachet, « reconnaissent des causes et des conditions intrinsèques ». Les différenciations provoquées au contraire « ne peuvent se produire que sous l'influence d'excitations venues d'ailleurs ». (Cf. Brachet, *C. R. Soc. Biol.*, 77, 1914, p. 557.)

renciation spontanée. Or nous avons vu que certaines des cellules en question donnent naissance dans ces conditions à des formations histologiques d'aspect mâle. J'admettrais donc que ces formations se développeraient *par différenciation spontanée* aux dépens d'éléments qui auraient perdu, grâce à la disparition des ovocytes, leur différenciation provoquée.

Mais cette remarquable similitude qui s'établit entre l'ovaire transformé en une glande d'aspect mâle et le testicule devenu aspermatogène, m'amène à appliquer au cas de la glande génitale mâle la précédente manière de voir, et à concevoir le développement et l'évolution des glandes génitales mâle et femelle des Gallinacés sous la forme de *l'hypothèse de travail* suivante :

Les cellules, autres que les cellules reproductrices, qui proviennent des proliférations de l'épithélium germinatif tendraient normalement à constituer par différenciation spontanée, si les cellules germinatives étaient absentes, des formations semblables dans les glandes génitales mâle et femelle. Ces formations seraient représentées, d'une part, par des cordons et des tubes formés de petites cellules épithéliales pareilles à celles du testicule embryonnaire, ou d'éléments plus évolués, sertoliformes; et, d'autre part, par des cellules interstitielles. Mais la présence des cellules germinatives modifierait la différenciation de ces éléments. Dans le testicule, les éléments d'origine épithéliale cœlomique susnommés ne subiraient, sous l'influence des cellules séminales, que des modifications légères ou nulles. Dans l'ovaire au contraire ils présenteraient, conditionnées par les ovocytes, des « différenciations provoquées » importantes, celles que nous avons indiquées plus haut.

Parallèlement à cette unification de structure histologique des glandes génitales mâle et femelle déshabitées de leurs cellules reproductrices, on observe que les sujets possesseurs de tels organes tendent à présenter les mêmes caractères sexuels secondaires. Chez une Poulette castrée incomplètement à 2 mois et tuée à 1 an 5 mois, j'ai trouvé à l'autopsie un ovaire régénéré dépourvu d'ovocytes et de follicules, et renfermant des cordons d'aspect sexuel mâle embryonnaire, des tubes sertoliformes et des cellules interstitielles. L'animal avait un plumage de Coq, une crête très développée et bien droite. Pézard a décrit en 1925 le cas, plus démonstratif encore, d'une Poule gynandromorphe, dont les glandes génitales contenaient, outre des éléments folliculaires, des cordons d'aspect sexuel mâle embryonnaire et des cellules interstitielles, et qui présentait tous les caractères sexuels du mâle : la crête bien développée, l'instinct sexuel et le

chant. Tichomiroff (1888) et Brandt (1889) ont fait, en ce qui concerne la crête et le chant, des observations analogues. Il semble donc que les glandes sexuelles mâle et femelle, dépourvues de leurs cellules germinatives et devenues structuralement homologues, acquièrent, en même temps qu'une différenciation histologique semblable, une même différenciation physiologique. Leur action hormonique conditionnerait, dans l'un et l'autre sexe, le développement des mêmes caractères sexuels secondaires, qui se trouvent être ceux du Coq.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur un procédé spectrophotométrique d'étude de l'hémolyse.* Note de M. **René Fabre**, présentée par M. Léon Guignard.

Au cours de recherches entreprises sur l'hémolyse provoquée par différents facteurs (physiques, chimiques ou biologiques), il nous a paru intéressant de suivre la marche du phénomène, en dosant la quantité d'hémoglobine entrée en solution, aux différents stades de l'action hémolytique. Cette détermination est fort utile, car elle renseigne sur la rapidité et l'allure du phénomène.

Effectuant des essais en séries sur les hématies de nombreuses espèces animales, nous avons songé à substituer au dosage du fer de l'oxyhémoglobine, particulièrement long et délicat, un dosage de la matière colorante entrée en solution, par spectrophotométrie, méthode beaucoup plus sensible que la méthode de comparaison colorimétrique.

La technique utilisée est basée sur les considérations suivantes :

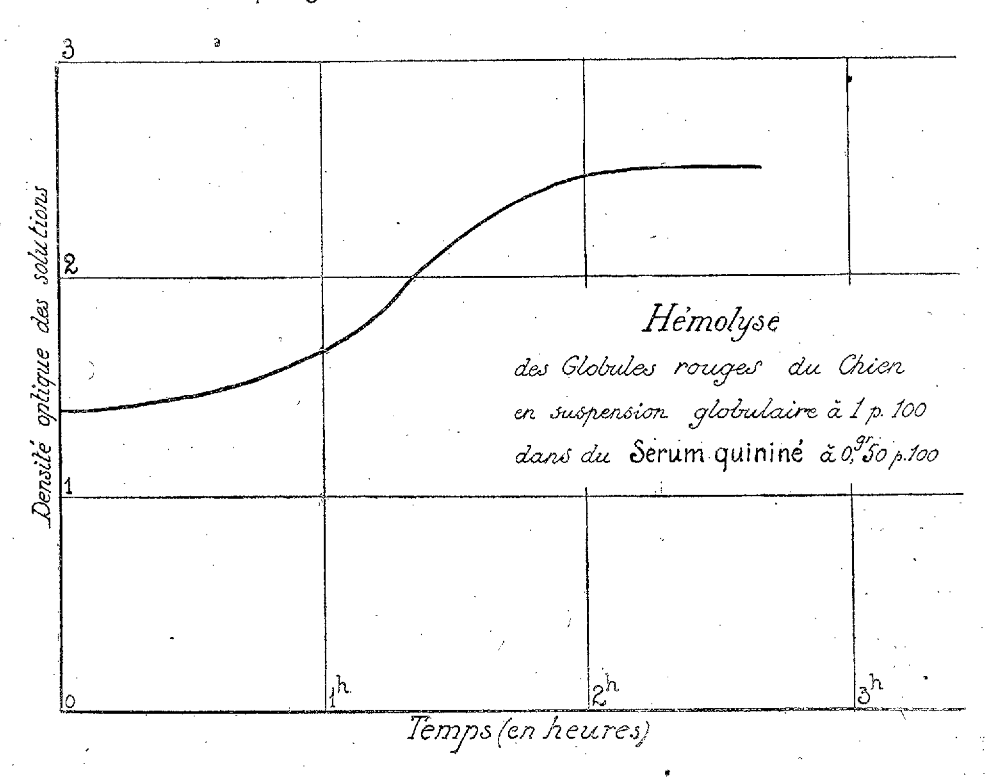
Si, au moyen du spectrophotomètre de Yvon, on détermine la densité optique d'une solution d'oxyhémoglobine, pour une radiation de longueur d'onde déterminée, par exemple celle correspondant au maximum d'absorption ($\lambda = 5769$ U.Å.) d'une des bandes de ce pigment, on constate qu'en faisant varier la dilution de la liqueur, les points obtenus pour la valeur de cette densité optique se placent sur une droite. On observe, en somme, une variation linéaire de celle-ci en fonction de la concentration.

D'autre part, comme les conditions de dilution varient dans de faibles limites au cours de l'expérience, on n'a pas à redouter un déplacement appréciable de bandes de l'oxyhémoglobine. Enfin, des mesures spectrophotométriques sur des solutions témoins prouvent que l'oxyhémoglobine n'est pas altérée au cours de l'expérience.

Si donc on veut suivre la marche d'une hémolyse sous l'influence d'un facteur déterminé, il suffit de prélever des volumes égaux de liquide à examiner, à des temps donnés, de les centrifuger dans les mêmes conditions, et de déterminer au spectrophotomètre la densité optique des solutions limpides ainsi obtenues.

Nous donnerons comme exemple celui qui est fourni par l'hémolyse de globules rouges de chien, mis en suspension à 1 pour 100 dans du sérum isotonique additionné de $0^g,50$ pour 100 de chlorhydrate basique de quinine.

Pour préparer les hématies de chien, le sang est défribriné dès le prélèvement, puis les globules rouges sont séparés par centrifugation ; ils sont ensuite lavés au moyen de sérum de Ringer à trois reprises, et mis finalement en suspension dans ce liquide à une dilution identique à celle où ils se trouvent dans le sang considéré.



Notons en outre qu'il convient d'effectuer les mesures sur des suspensions de globules frais, en raison de l'altération des hématies, entraînant des variations dans le phénomène de l'hémolyse. Celle-ci conserve en

général la même allure, mais les résultats obtenus avec des globules d'ancienneté différente ne sont plus comparables.

Sérum physiologique additionné de $0^g,50$ pour 100 de chlorhydrate de quinine :

Temps.	Densité optique.
$0^h\,4^m$	1,36
0.13	1,40
0.23	1,48
1.00	1,70
1.20	2,01
1.35	2,31
1.55	2,43
2.10	2,46
2.30	2,46

Parallèlement, une dilution du même sang a été effectuée dans des conditions identiques, dans de l'eau distillée. L'hémolyse a été immédiate, et la densité optique trouvée, 2,46, est la même que celle observée à la fin de l'action de la quinine.

L'examen de cette courbe montre que l'hémolyse n'est véritablement active qu'au bout d'un certain temps; elle se poursuit dès lors rapidement, pour se ralentir notablement à la fin de l'expérience.

Ce mode d'observation nous a été fort utile dans l'étude de diverses sortes d'hémolyses, pour des globules d'animaux différents.

PROTISTOLOGIE. — *Microsporidies parasites de* Mysis (*Crust. Schizopodes*). Note de MM. **L. Mercier** et **Raymond Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

En août 1925, nous avons recueilli un lot important de *Mysis spiritus* Norm., au cours d'une excursion, à marée basse, aux environs de Luc-sur-Mer. De nombreux exemplaires de ces Crustacés présentaient une teinte d'un blanc porcelané; nous avons reconnu qu'ils étaient parasités par une Microsporidie. Celle-ci avait envahi la totalité des faisceaux musculaires. L'étude de coupes et de frottis, après fixation au Schaudinn et au Bouin-Duboscq, nous a permis d'observer différents stades de schizogonie et de sporogonie. Les sporontes isolés donnent naissance chacun à une seule

spore piriforme, présentant une seule capsule polaire et mesurant de $3^{\mu},5$ à 4^{μ} de longueur sur 2^{μ} dans la plus grande largeur. Cette Microsporidie doit donc prendre place dans le genre *Nosema*. Nous l'appellerons provisoirement *Nosema* α.

Cette première observation nous a incités à rechercher si une autre espèce de *Mysidæ*, très connue dans les eaux saumâtres supralittorales de la côte du Calvados, *Neomysis vulgaris* J.-V. Thompson, était également susceptible d'être parasitée par une Microsporidie. Parmi de nombreux exemplaires de cette *Mysis*, capturés à Bénouville dans une mare d'eau saumâtre en communication avec l'Orne, nous avons trouvé quelques individus infectés. L'infection portait également sur les muscles; mais elle s'est toujours montrée légère et jamais aussi massive que chez *Mysis spiritus*. Néanmoins, nous avons pu observer les principales phases de la sporogonie et reconnaître qu'il s'agissait encore d'une Microsporidie du genre *Nosema*. Les spores sont cylindroïdes, très légèrement incurvées, arrondies aux deux extrémités et mesurent 9^{μ} de long sur $2^{\mu},5$ à 3^{μ} de large. Appelons ce parasite *Nosema* β.

Dans la nature, nous n'avons jamais rencontré *Nosema* α chez *Neomysis vulgaris*, pas plus que *Nosema* β chez *Mysis spiritus*. Étant donnée l'abondance des individus de *Mysis spiritus* parasités, nous avons été naturellement amenés à tenter l'infection de *Neomysis vulgaris* par *Nosema* α. A cet effet, nous avons nourri des *Neomysis vulgaris* capturées à Bénouville avec des cadavres de *Mysis spiritus* parasités. Parmi les individus mis ainsi en expérience, nous en avons observé un certain nombre qui, au bout de 12 à 20 jours, prenaient l'aspect blanc porcelané caractéristique de l'infection microsporidienne. Nous avons reconnu que leurs muscles renfermaient de nombreuses spores de *Nosema* α. Ainsi que Ch. Pérez (1904) (1) l'a constaté pour *Nosema pulvis* Ch. Pérez, Microsporidie parasite du *Carcinus mænas* Pennant, l'infection commence toujours par les muscles périphériques.

Il était indiqué de tenter l'infection de *Mysis spiritus* par *Nosema* β. Mais, étant données la rareté de cette Microsporidie et la difficulté de reconnaître sur le vivant les *Neomysis vulgaris* parasitées, nous n'avons pu encore réaliser cette seconde expérience.

Quoi qu'il en soit, il est établi que *Nosema* α peut parasiter deux genres

---

(1) Ch. Pérez, *Sur une nouvelle Glugéidée parasite du* Carcinus mænas. *Influence des Microsporidies sur l'organisme des Crabes* (*C. R. Soc. Biol.*, 58, 1905, p. 146-150).

différents de *Mysis*. La spécificité parasitaire de cette Microsporidie pour l'hôte n'est donc pas absolue. On connaît d'ailleurs quelques autres cas où il en est ainsi (R. Kudo, 1924-1925) (¹). C'est pourquoi, bien que la présence de Microsporidies n'ait jamais été signalée, à notre connaissance, chez les *Mysis*, nous avons hésité à nommer spécifiquement les *Nosema* de *Mysis spiritus* et *Neomysis vulgaris*. Nous admettons cependant que *Nosema* α est vraisemblablement un parasite adapté aux *Mysis*. Aussi, comme *Neomysis vulgaris* fréquente également la zone de balancement des marées, il est à prévoir que l'on trouvera un jour, soit dans la mer, soit en eau saumâtre, des exemplaires de cette espèce parasitée par *Nosema* α.

En ce qui concerne la *Nosema* β, observée chez des *Neomysis* de la mare d'eau saumâtre de Bénouville, nous inclinerions volontiers à penser, en raison de la forme de la spore, qui, à notre connaissance, n'a pas encore été observée chez les *Nosema* de Crustacés, qu'elle est normalement parasite d'un animal aquatique (larves d'insectes, par exemple), restant à déterminer, et aux dépens duquel *Neomysis vulgaris* s'est infectée dans cette station.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccin antirabique formolé.* Note de M. Edm. Plantureux, présentée par M. Roux.

Diverses méthodes de traitement préventif de la rage après morsure, utilisées chez l'homme, ont fait leurs preuves, mais elles présentent l'inconvénient de nécessiter un grand nombre d'injections et d'imposer aux personnes traitées un assez long séjour près d'un Institut antirabique. Pour ces raisons, elles ne sont pas utilisables en médecine vétérinaire et les méthodes plus simples, essayées jusqu'ici, n'ont pas donné les résultats qu'on en attendait, ou présentent certaines difficultés d'application pratique, empêchant leur emploi de se généraliser.

De tous les antiseptiques, le formol est celui qui altère le moins les propriétés antigènes de divers microbes et les vaccins formolés ont, en outre, la réputation d'être peu toxiques et d'une longue durée de conservation.

(¹) R. Kudo, *A biologic and taxonomic Study of the Microsporidia* (*Illinois biological Monographs*, 9, 1924, p. 1-268); *Studies on Microsporidia parasitic in Mosquitos. V. Further observations upon* Stempellia (Thelohania) magna *Kudo parasitic in* Culex pipiens *and* C. territans (*Biol. Bull.*, 48, 1925, p. 112-127).

Il serait trop long d'exposer ici, en détail, toutes les expériences qui nous ont amené au mode de préparation actuel, nous signalerons seulement, à titre d'indication, les faits suivants :

1° Les émulsions de virus fixe dans l'eau distillée, formolée à 1 pour 2000, déterminent assez fréquemment des accidents toxiques, lorsqu'on inocule de fortes doses;

2° Les émulsions dans l'eau physiologique formolée de 3, 4, 5 pour 1000, conservée à l'étuve à 37° pendant 1 à 5 semaines, perdent tout ou partie de leur pouvoir immunisant.

Technique de préparation du vaccin formolé. — Une partie de cerveau rabique, virus fixe, broyé au Latapie, est émulsionnée dans 9 parties d'eau physiologique formolée à 4 pour 1000; on passe sur de la gaze et on laisse le mélange pendant une semaine à 10-15°. Après centrifugation, le culot est dilué dans 9 parties d'eau physiologique [1].

Traitement avant infection. — 12 chiens, 10 moutons, 4 jeunes boucs ayant reçu, en 3 à 6 injections pratiquées à 1 à 4 jours d'intervalle : 70^{cm^3} à 100^{cm^3} de ce vaccin; 10 lapins : 10^{cm^3} à 80^{cm^3}, sont restés en parfaite santé. Éprouvés par la suite dans la chambre antérieure de l'œil avec du virus des rues, 6 chiens, 6 moutons, 2 boucs, 6 lapins ont résisté. Tous les témoins ont pris la rage.

L'expérience suivante a eu pour objet de vérifier l'innocuité de ce vaccin : 2 lapins ont reçu dans la même séance : l'un 100^{cm^3}, l'autre 150^{cm^3}; ils n'ont jamais présenté le moindre trouble et sont restés en excellent état d'entretien pendant plus de 5 mois d'observation. Éprouvés dans la chambre antérieure de l'œil, au cours du troisième mois, ils ont résisté.

Dans ces expériences nous avons remarqué qu'on obtenait, avec la même quantité de vaccin, une immunité d'autant plus solide qu'on pratiquait un plus grand nombre d'injections et qu'on laissait, entre chacune d'elles, un plus grand intervalle. C'est ainsi que :

Sur trois chiens ayant reçu une première injection de 10^{cm^3}, puis 17 jours après une deuxième injection de 30^{cm^3}, deux ont résisté à l'épreuve intra-oculaire de virus des rues, donnant la rage aux témoins en 8 ou 12 jours.

Au contraire, 4 chiens ayant reçu de 30^{cm^3} à 50^{cm^3} en 2 ou 3 injections pratiquées à 1 ou 2 jours d'intervalle, n'avaient acquis aucune immunité, contre la même épreuve.

---

[1] On sait que des accidents paralytiques peuvent être déterminés par l'inoculation de filtrats d'émulsions de virus rabique et il est fort possible que l'innocuité de ce vaccin soit due en grande partie, sinon entièrement, à l'élimination des produits toxiques solubles par la centrifugation.

Traitement après infection. — Après infection, où l'on doit lutter de vitesse avec le virus des rues, on ne peut attendre aussi longtemps pour pratiquer une deuxième injection, car il faut obtenir, le plus rapidement possible, une immunité suffisante pour protéger les animaux avant que la maladie n'ait eu le temps d'évoluer. Il y aurait également intérêt à multiplier le nombre d'injections, mais, en médecine vétérinaire, où le côté économique doit avant tout être envisagé, on est obligé de les réduire au minimum nécessaire.

Nous basant sur les résultats obtenus avant infection, nous avons essayé de concilier toutes ces exigences et avons procédé de la façon suivante :

Le 8 février 1926, 18 chiens sont inoculés dans les muscles de la cuisse avec 5^{cm^3} d'une émulsion au $\frac{1}{25}$ de virus des rues, 7 sont conservés comme témoins, sur les 11 autres on commence le traitement trois jours après l'infection. Ils reçoivent : le 11 février, 10^{cm^3} de vaccin; le 13 février, 15^{cm^3}; le 16 février, 20^{cm^3}; le 20 février, 30^{cm^3} (les trois dernières doses réparties en deux points). La résorption s'est faite très facilement.

Un seul traité prend la rage le 23e jour, c'est-à-dire seulement 20 jours après le début du traitement (cerveau virulent), tandis que 5 témoins sur 7 prennent la maladie en 24, 25, 27, 37 et 81 jours; un sixième témoin meurt de gastro-entérite le 63e jour. Les 10 traités restants sont encore en excellente santé.

Le nombre de témoins ayant pris la rage et les périodes d'incubation, relativement courtes, observées sur la plupart d'entre eux, indiquent la sévérité de l'inoculation d'épreuve et nous permettent de considérer les résultats obtenus comme satisfaisants.

Lorsque de nouvelles expériences auront confirmé la valeur de ce vaccin on pourra peut-être envisager son emploi dans la pratique.

La séance est levée à 16h 15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Odon de Buen**, professeur de l'Université de Madrid, qui assiste à la séance.

LITHOLOGIE. — *Les veinules fondues des météorites, leur analogie avec les « pseudotachylites » des régions terrestres écrasées.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

Beaucoup de chondrites sont traversées par des veinules noires, tantôt étroites et distinctes, tantôt larges et à contours vagues, englobant des fragments des minéraux de la météorite : elles deviennent parfois si nombreuses qu'elles colorent uniformément en noir tout ou partie de celles-ci; l'origine calorifique de ces veinules est généralement admise. J'ai eu l'occasion d'observer une particularité du même ordre dans un groupe de météorites, celui des eucrites, où elles paraissent n'avoir pas été rencontrées jusqu'ici. Je veux parler des eucrites de Béréba (Haute Volta) et de Cachari (République Argentine) [2].

L'eucrite de Béréba est bréchiforme; des fragments, à structure ophitique, sont cimentés par des portions cataclastiques de même composition. Au milieu de cet ensemble circulent de fines veinules noires sinueuses, ramifiées ou anastomosées; les

(1) Séance du 21 juin 1926.

(2) M. Enrique Herrero Ducloux, qui a publié une analyse de cette météorite (*Primera Reunione de la Sociedad Argentina de Ciencias naturales, Tucuman*, 1916, p. 559, Buenos-Ayres, 1918-1919), vient de donner au Muséum l'échantillon étudié ici.

unes sont longues, il en est qui s'interrompent brusquement; certaines d'entre elles ont des bords nets; d'autres se diffusent dans leur voisinage; ailleurs, elles constituent un réseau imprégnant la roche et parfois alors leur matière devient aussi abondante que les débris cristallins qui nagent au milieu d'elles. Au microscope, ces veinules sont opaques ou translucides, formées par un verre grisâtre, criblé de ponctuations ferrugineuses; elles proviennent alors de la fusion du pyroxène; en d'autres places, la matière fondue, de couleur plus claire, a été surtout formée aux dépens de l'anorthite; le verre se distingue de celui refroidi plus rapidement constituant la croûte de la météorite et qui est translucide en lames minces et homogène. La différence apparaît particulièrement nette quand ces deux formations sont en contact l'une avec l'autre.

Dans l'eucrite de Cachari, déformée mécaniquement, mais sans présenter de texture bréchiforme, les veinules ont des bords nets; elles peuvent avoir moins de 1^{mm} d'épaisseur, mais présentent des renflements de 1^{cm}, creusés de grosses bulles gazeuses. Leur aspect n'est pas scoriacé comme dans le cas précédent, mais vitreux, à facies obsidiennique, noir dans la partie centrale, jaunâtre et opaque sur les bords. Cette disposition symétrique apparaît encore plus clairement au microscope; au centre, le verre est transparent, fendillé, jaunâtre, renfermant de minuscules sphères de pyrrhotite; la texture est fluidale, l'indice de réfraction (Na) est de 1,612, la densité de 2,974, alors que celle de l'eucrite est de 3,130. Ce verre est dépourvu de produits recristallisés, mais contient des débris de pyroxène dans tous les stades de la fusion. Le plagioclase a complètement disparu; dans les associations ophitiques, il est remplacé par un verre incolore, comparable à la maskelynite de la météorite de Shergotty; le pyroxène est souvent intact.

Sur la bordure de ce verre se voient successivement une zone translucide riche en granulations de pyroxène, puis une autre, trouble, où le pyroxène, encore plus abondant, est englobé par des plages palmées de feldspath. Cette dernière zone adhère à l'eucrite dont le pyroxène est transformé en un agrégat de très petits grains; les grandes plages de plagioclase sont fondues en partie seulement. A l'inverse de ce qui a lieu dans les eucrites de Béréba, Juvinas, Jonzac, et comme dans la shergottite, le plagioclase a donc fondu avant le pyroxène, ce qui s'explique par leur composition chimique spéciale. Les divers états du plagioclase, intermédiaires entre l'intégrité complète et la fusion totale, démontrent d'une façon irréfutable que la maskelynite est bien un verre de feldspath, et ceci légitime l'opinion que j'ai formulée antérieurement, à savoir qu'il n'y a pas *une*, mais *des* maskelynites, produites aux dépens des divers types de plagioclases.

On ne saurait douter que ces veinules vitreuses n'aient été formées sur place par la fusion des lèvres des fissures de la météorite, mais l'échantillon étudié ne permet pas de démêler, comme dans la météorite de Béréba, leurs relations avec la croûte.

La liaison étroite existant entre la production des veinules noires fondues de ces météorites et les phénomènes cataclastiques ne saurait être mise en doute; il est donc naturel de penser que les unes et les autres sont dues à une même cause, d'origine dynamique. Cette conclusion peut être appuyée sur des recherches effectuées depuis quelques années dans des régions

terrestres dont les roches ont subi des écrasements puissants, sous l'influence d'actions tectoniques; je fais allusion aux travaux de MM. Shand [1], Hall et Molengraaff [2] sur le massif de Vredefort (Transvaal et État libre d'Orange), de MM. T. J. Jehu et R. M. Craig [3], sur les îles Barra (Hébrides); ces savants ont bien voulu me communiquer des échantillons et les préparations mêmes qu'ils ont décrites.

Dans le massif de Vredefort, le granite, son enveloppe sédimentaire et toutes les roches intrusives (granites alcalins, syénites néphéliniques, etc.) se rencontrant dans l'un et dans l'autre ont subi des phénomènes d'écrasement très intenses, mais sans laminage; cet ensemble est traversé par un nombre considérable de veines, généralement noires, à facies lavique, de ce que M. Shand appelle *pseudotachylite*. On ne saurait les considérer comme des roches éruptives. A la dimension près (elles ont de 1^{mm} à 20^{m} d'épaisseur), leur disposition est celle des veinules de l'eucrite de Béréba. Toutes les fois qu'elles se trouvent dans un massif homogène (de granite par exemple), leur composition chimique est celle de la roche ambiante. Elles se sont donc bien formées à ses dépens, mais elles ont parfois une composition un peu différente, quand elles traversent des roches variées, car jusqu'à une certaine distance du contact mutuel de celles-ci, elles peuvent renfermer des enclaves des unes et des autres. Comme dans les météorites, il est évident que ces veines résultent de la fusion, complète ou sélective, des minéraux des roches écrasées qui sont détruits suivant l'ordre de leur fusibilité. Les enclaves de roches, toujours écrasées, les débris, intacts ou corrodés, des minéraux qui subsistent dans ces veines sont des restes non fondus, de la roche initiale; parfois, la fluidité de ces parties fondues a été suffisante pour permettre leur injection assez lointaine dans les fentes de roches non écrasées. Parfois ce produit a pu rester vitreux; plus souvent il s'est chargé de ponctuations cristallines ou même de sphérolites.

Aux îles Barra, ce sont des gneiss de composition fort variée, des granites et des pegmatites, qui ont été écrasés et souvent aussi laminés. Ils sont traversés par d'innombrables veinules noires de « pseudotachylite »; il existe aussi une brèche rappelant celle de l'eucrite de Béréba dont les blocs sont cimentés par la même roche vitreuse, noire, qui a envoyé au milieu d'eux de fines ramifications. Dans cette roche noire, il est possible de suivre au microscope le passage insensible de portions seulement triturées et d'autres, fondues, riches en verre brun contenant des ponctuations de magnétite. Là encore, les minéraux disparaissent suivant leur ordre de fusibilité et les stades de la destruction progressive de la hornblende rappellent ceux du pyroxène dans les veinules noires de l'eucrite de Béréba. Enfin, les sphérolites feldspathiques et surtout ceux d'un brun foncé produits aux dépens de la hornblende, ne sont pas sans analogies avec ce qui a été décrit plus haut sur les bords des veinules de la pierre de Cachari.

---

(1) *Quarterly J. geol. Soc. London*, 72, 1917, p. 198.

(2) *Verhand. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam*, 24, n° 3, 1925, p. 93.

(3) *Trans. Royal Soc. Edinburgh*, 53, Part II, n° 22, p. 430.

De tout ceci, je conclus à l'identité de caractères du phénomène terrestre et de celui observé dans les météorites. Dans les deux cas, l'on ne peut échapper à l'hypothèse d'une fusion sur place, due à l'exagération locale d'actions mécaniques, conséquence de l'écrasement. Mais ceci est une interprétation et non pas une preuve; celle-ci est fournie par une observation récente de MM. Bowen et Aurousseau [1], qui démontre que des actions mécaniques peuvent bien déterminer une élévation de température suffisante pour fondre une roche silicatée; au cours d'un sondage pour recherche de pétrole (Californie), à travers une arkose éocène, l'extrémité de la sonde opérant par rotation, à la profondeur de 1425^{m}, avec une vitesse de 25 tours à la minute, sous une pression de 20^{t}, a été ramollie et la matière pierreuse remplissant le trépan, transformée par fusion en une scorie noire, verre bulleux qui renferme des débris des minéraux du sédiment. La température paraît avoir atteint environ 1150°C.

Cette conclusion étant admise, l'on peut se demander, pour les météorites, où s'est produit le phénomène, et alors des hypothèses seulement peuvent être présentées. Il a été établi que la genèse des veinules est antérieure à celle de la croûte et, d'autre part, il est certain que celle-ci a été formée pendant le court trajet de la météorite dans l'atmosphère terrestre; il est donc vraisemblable que ces veinules n'ont pas pris naissance dans cette dernière. En outre, il ne paraît pas indispensable de faire intervenir quelque circonstance survenue pendant la course errante de la météorite, telle que son choc avec un autre corps céleste. Peut-être serait-il plus simple de penser à une action, en quelque sorte orogénique, effectuée dans l'astre ou les astres, d'où proviennent ces matériaux pierreux et antérieurement à leur mise en liberté dans l'espace.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un peroxyde organique dissociable : le peroxyde de rubrène.* Note [2] de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Paul Marshall Dean.**

1. Dans une Note précédente [3], nous avons indiqué que le rubrène pouvait fixer l'oxygène libre, sous l'influence de la lumière, en se décolo-

---

(1) *Bull. geol. Soc. America*, **34**, 1923, p. 431.
(2) Séance du 21 juin 1926.
(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1440.

rant. Nous avons constaté que cette oxydation donnait naissance à un produit blanc, bien cristallisé, contenant du solvant de constitution, et qui présente la remarquable propriété de se dissocier sous l'action de la chaleur en régénérant ses constituants : solvant, rubrène, oxygène libre.

2. *Préparation et propriétés.* — Une solution de rubrène dans le benzène, par exemple, est exposée à la lumière, en présence d'une quantité suffisante d'air, soit qu'on opère dans un récipient de grande capacité, soit qu'on renouvelle le gaz au-dessus de la solution soumise à l'agitation. La teinte s'affaiblit peu à peu, en même temps qu'on voit s'atténuer la fluorescence, et, au bout d'un temps variable suivant les conditions de l'expérience, la liqueur est devenue complètement incolore et non fluorescente. La vitesse dépend surtout de l'intensité d'éclairement et de la concentration en oxygène. A la lumière solaire directe, la réaction est rapide. On peut observer une décoloration complète en quelques minutes, ce qui prouve que, même aux grandes dilutions, l'oxydation est intense. Après décoloration, le solvant ayant été chassé par distillation dans le vide à basse température, on obtient régulièrement un corps blanc, cristallisé en belles aiguilles.

Le rendement est sensiblement quantitatif. Tout au plus observe-t-on la formation d'une très petite proportion d'une substance jaune, facile à éliminer par lavage.

Le peroxyde de rubrène est un corps relativement peu soluble dans les solvants usuels, et, en particulier, dans le benzène. A cause de sa sensibilité à l'action de la chaleur, on ne peut déterminer son point de fusion qu'au bloc; il est situé aux environs de 190°.

3. *Dissociation.* — *a.* Dans une petite ampoule de verre on introduit, soigneusement desséché dans le vide, un peu de peroxyde pulvérisé, et l'on soude l'ampoule à une canalisation en relation avec une trompe à mercure, qui permettra l'extraction des gaz. Sur le trajet de la canalisation on dispose un tube en U où l'on pourra condenser les vapeurs par refroidissement.

Tout l'appareil étant à la température ambiante, on commence par y faire le vide (au millième de millimètre de mercure), pour éliminer l'air et les traces de solvant non combiné. On refroidit ensuite le tube en U dans le mélange neige carbonique-acétone, et l'on chauffe l'ampoule dans un bain d'huile de paraffine (en vase de verre, qui permettra d'observer le contenu pendant le chauffage). Peu après que l'on a dépassé la température de 100°, on voit apparaître des bulles dans la colonne de mercure : un gaz commence à se dégager. Le dégagement augmente à mesure que la température monte; il est important vers 150°.

Tandis que le gaz se dégage, la masse pulvérulente, qui était blanche au début, prend peu à peu une teinte rose de plus en plus foncée, et il se condense dans le tube en U des cristaux incolores très réfringents.

On élève la température lentement, en plusieurs heures, jusqu'au-dessus de 200°; à la fin, il n'y a plus de dégagement gazeux appréciable.

b. Dans une de nos expériences, par exemple, effectuée avec $0^{g},50$ de peroxyde, nous avons recueilli $17^{cm^3},7$ de gaz, ainsi composé : $16^{cm^3},2$ d'oxygène, 1^{cm^3} de gaz carbonique, $0^{cm^3},5$ de gaz résiduel. Le tube en U avait condensé $0^{g},026$ de vapeurs, et

l'ampoule chauffée retenait $0^g,450$ de matière. Si l'on tient compte, outre l'oxygène libre, de l'oxygène combiné (sous forme de CO^2), on retrouve, au total, $0^g,498$ de matière sur $0^g,50$ dont on était parti, ce qui est un bilan très satisfaisant.

D'autre part, si nous comparons le poids $0^g,0216$ d'oxygène dégagé (libre ou sous forme de CO^2) au poids théorique $0^g,0249$, calculé en admettant 1^{mol} de benzène comme solvant de constitution (voir ci-dessous), nous trouvons, pour la décomposition, la proportion de 87 pour 100. Il est donc resté fixé sur le résidu 13 pour 100 de l'oxygène du peroxyde, soit par suite d'une dissociation incomplète, soit par évolution du peroxyde vers une forme oxydée stable. Étant donné qu'il a été impossible d'éviter la fusion d'une partie de la masse, celle-ci a nécessairement dissous du peroxyde, ce qui a pu limiter la dissociation.

A supposer, au surplus, qu'une réaction secondaire se soit effectuée pour une proportion de 13 pour 100, il n'en reste pas moins que la dissociation intégrale de notre peroxyde, avec formation d'oxygène *libre*, a porté sur la proportion considérable de 82 pour 100 de la quantité traitée.

Un tel rendement, même pour des réactions régulières et simples, est considéré comme excellent en Chimie organique. Or il s'agit ici d'une réaction vraiment extraordinaire, où l'oxygène se sépare à l'état libre, sous l'action de la chaleur, du carbone et de l'hydrogène qui l'avaient avidement fixé.

c. Nous nous sommes naturellement assurés que le résidu solide resté, après l'opération, dans notre ampoule, était en majeure partie constitué par du rubrène, dont il avait d'ailleurs la couleur (un peu plus foncée toutefois).

Déjà le point de fusion du produit brut, à 313° (au bloc), au lieu de 331°, était une sérieuse indication. Mais, de plus, ses solutions, comme celles du rubrène pur, étaient rouges et fluorescentes, et subissaient la même décoloration sous l'action de l'oxygène et de la lumière, ce qui achevait l'identification.

d. En ce qui concerne le poids $0^g,026$ de vapeurs condensées dans le tube en U, nous ne croyons pas devoir tirer une conclusion ferme sur sa signification pour la teneur en solvant de constitution, pour les raisons suivantes : 1° nous avions employé comme solvant, dans l'espèce, pour faire cristalliser le produit, un mélange de benzène et de ligroïne, dont nous ignorons le poids moléculaire moyen; 2° il n'est pas impossible qu'une partie du solvant ait été retenu par la masse, et, pour l'en chasser, il faudrait peut-être chauffer fortement et longtemps. Indiquons, à toutes fins utiles, que, pour le benzène, le poids trouvé s'accorderait mieux avec $0^{mol},5$ de solvant de constitution (théorie, pour 1^{mol}, $0^g,0607$, et, pour $0^{mol},5$, $0^g,0323$).

D'autres expériences ont été faites et ont donné des résultats analogues, et d'autres sont en cours.

4. Quelle peut être la structure du peroxyde de rubrène? La formule devra obligatoirement rendre compte de la propriété caractéristique : la séparation à l'état libre de l'oxygène et du rubrène. On conçoit que nous ne soyons pas encore en mesure de proposer une solution définitive à ce difficile problème. Il est hautement probable que dans le complexe rubrène-solvant-oxygène, les trois molécules qui doivent se séparer dans la réaction

de dissociation ont gardé leur individualité, comme les pierres d'un édifice et le ciment qui les unit. Ici le ciment serait le solvant. Nous aurions donc affaire à une combinaison du type dit *moléculaire*. Et il semble bien difficile, en effet, d'admettre qu'il ait pu y avoir entre le carbone et l'oxygène saturation mutuelle des valences chimiques ordinaires, ce qui exclurait, à nos yeux, la possibilité d'une dissociation intégrale du produit d'une telle union.

Nous continuons nos recherches sur ce point.

5. La peroxydation du rubrène, ainsi que la dissociation du peroxyde, soulèvent d'importants problèmes d'énergétique chimique et photochimique. Nous les envisageons avec d'autant plus d'intérêt qu'ils viennent rejoindre les recherches que par ailleurs nous poursuivons activement sur la catalyse d'autoxydation (actions antioxygènes et prooxygènes), où les peroxydes jouent, selon nous, un rôle de première importance. Bornons-nous, pour le moment, à souligner le fait que la dissociation du peroxyde de rubrène, avec libération de l'oxygène combiné, réfute péremptoirement une objection sérieuse qui pouvait être faite à notre théorie de la catalyse antioxygène, dans laquelle nous supposons qu'un peroxyde $A[O^2]$, où A peut être, en particulier, un corps organique, est susceptible de perdre, sous certaines influences, tout son oxygène, en régénérant le mélange $A + O^2$. Il pouvait sembler inadmissible que le carbone et l'hydrogène, après s'être combinés avec l'oxygène, pussent le laisser ainsi se détacher d'eux à l'état libre. Le cas du peroxyde de rubrène montre que cette objection est sans fondement.

6. La dissociation du peroxyde de rubrène n'est pas sans présenter certaines analogies avec celles de l'oxyhémoglobine, avec, toutefois, cette différence capitale, que l'hémoglobine renferme un élément minéral, le fer. Or l'aptitude à donner des peroxydes dissociables était considérée jusqu'ici comme l'apanage de corps entièrement minéraux. Pour l'hémoglobine, qui semblait faire exception, on rapportait généralement à l'atome de fer cette propriété, qui restait ainsi propriété minérale. Notre travail, en établissant qu'elle peut appartenir à des corps purement organiques, composés uniquement de carbone et d'hydrogène, autorise à penser que la fonction respiratoire de l'hémoglobine peut parfaitement être une propriété de la partie organique de la molécule, sans être nécessairement liée à la peroxydabilité de l'atome de fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cémentation des aciers par le silicium.* Note [1] de M. **Léon Guillet.**

L'étude que je poursuis sur la généralisation de la cémentation et ses applications a porté sur la pénétration du silicium dans les aciers.

Dans un travail récent, Fry [2] a étudié le phénomène en utilisant comme cément un ferrosilicium à 21 pour 100 Si, et comme métal de l'acier doux. Il n'a obtenu à 1150° que des pénétrations relativement faibles : $0^{mm},6$, dans une opération de 110 heures; de plus la teneur superficielle en silicium du produit cémenté ne dépassait pas 2,5 pour 100. Elle était d'ailleurs moins élevée à 1150° qu'à 950° (3,5 pour 100).

J'ai étudié la question en me plaçant à un point de vue tout à fait différent; on sait que les ferrosilicium jouent déjà un rôle industriel important, non seulement comme addition finale en métallurgie du fer, mais aussi du fait que certains d'entre eux sont à peu près inattaquables à certains acides, notamment l'acide azotique. Pour cela les teneurs de 15 à 18 pour 100 Si paraissent les plus intéressantes. Mais ces ferrosilicium sont très fragiles, et ce défaut retarde singulièrement la généralisation de leur emploi.

Une cémentation d'acier doux par le ferrosilicium m'apparaissait donc comme un fait de haute importance, si elle pouvait conduire en surface à une teneur en silicium de 15 pour 100.

Je rends compte ici des résultats de mes premières recherches.

Des essais qualitatifs prouvèrent que la cémentation était très rapide — trop rapide même — si l'on utilisait un ferrosilicium à haute teneur et une température élevée; en 5 heures, à la température de 1200°, une barre d'acier doux de section circulaire et d'un diamètre de 10^{mm} était entièrement transformée en un produit d'une fragilité extrême, du moins si l'on ajoute du chlorure d'ammonium au cément.

Ce fait établi, des essais plus précis ont été entrepris.

Les conditions expérimentales ont été les suivantes :

Cément : ferrosilicium renfermant 80 ou 75 pour 100. Si, pulvérisé, avec ou sans addition de chlorure d'ammonium ou de silice.

Acier : C = 0, 2 pour 100, en barre de section circulaire d'un diamètre de 10^{mm}.

Chauffage de la boîte contenant acier et cément dans le charbon de bois pour éviter toute oxydation.

---

(1) Séance du 21 juin 1926.

(2) *Stahl und Eisen*, 43, 1923, p. 1041.

Cément utilisé.	Addition de AmCl.	Addition de SiO².	Température de l'opération.	Durée de l'opération.	Pénétration en millimètres.
Première série d'essais.					
Fe-Si, à 80 % Si...	5 pour 100	0 pour 100	1200°	6h45m	à cœur
» ...	5	0	1150	3	2,5
» ...	5	50	1200	3	0,5
Deuxième série d'essais.					
Fe-Si, à 75 % Si...	0	0	1100	4	0
» ...	2	0	1100	4	0,6
» ...	0	50	1100	4	0
» ...	2	50	1100	4	1,1

Les analyses des couches cémentées obtenues dans les deuxième et quatrième expériences ont donné : Si = 14,5 pour 100, Si = 15,5 pour 100; enfin quelques essais ont été faits dans le vide et sans chlorure d'ammonium :

1° Avec le ferrosilicium à 75 pour 100 Si (température, 1050°; durée, 3 heures) pas de cémentation.

2° Avec le silicium industriel (même température, même durée) pas de cémentation.

Il apparaît que le chlorure d'ammonium doit jouer un rôle important dans ces opérations, sans doute par formation de chlorure de silicium.

Dans toutes ces expériences, la couche cémentée obtenue est fragile, et c'est là, du point de vue industriel, une difficulté à vaincre. Je pense y parvenir par un recuit prolongé. Mes recherches se poursuivent activement dans ce sens.

M. G. **Kœnigs** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter l'Ouvrage de M. Axel Egnell sur l'*Ochématique*, qui contient de nouvelles méthodes pour l'étude des courbes et des surfaces par le calcul vectoriel. On trouve dans cet Ouvrage, dont j'ai écrit la *Préface*, de très intéressantes relations entre les propriétés des courbures et la déviation des champs de vecteurs.

M. G. **Urbain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Jacques Bardet intitulé : *Atlas des spectres d'arc. Tableaux d'analyse pour les recherches spectrochimiques*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

La **Commission royale pour l'édition nationale des œuvres d'Alexandre Volta**, à Milan, signale que, sur le point de terminer la publication qu'elle a entreprise, elle recherche tous les documents ou papiers de l'illustre physicien qui auraient pu, jusqu'à ce jour, échapper à ses recherches.

M. **N.-E. Nörlund**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **René Dubrisay** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1925.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les lois de probabilité qui tendent vers la loi de Gauss tout en restant infinies au voisinage d'un point.* Note [1] de M. **Neymann**, présentée par M. Émile Borel.

Étant donnés un système de variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$, dont chacune obéit à une loi de probabilité $f_i(x)$, et une fonction

$$X_n = m_1 x_1 + m_2 x_2 + \ldots + m_n x_n, \tag{1}$$

où les coefficients m_i ($i = 1, 2, \ldots, n$) sont positifs, la loi de probabilité $F_n(X_n)$, à laquelle obéit X_n dans des cas fréquents, tend pour n infini vers la loi de Gauss [2].

L'objet de cette Note est de montrer qu'en certains cas la courbe représentant la loi de probabilité F_n possède une branche asymptotique à une droite parallèle à l'axe OY.

Supposons que toute fonction $f_i(x)$ est positive sur un intervalle (O, b_i) et nulle pour $x < O$.

---

(1) Séance du 21 juin 1926.

(2) Le théorème le plus général sur ce point semble être celui de M. P. Lévy, *Bull. de la Soc. math. de France*, 52, 1924, p. 49-85.

THÉORÈME I. — *Si l'on peut choisir parmi les fonctions f_i un nombre ν d'elles, par exemple les fonctions $f_1, f_2, \ldots, f_\nu$, telles qu'en certain voisinage de l'origine des coordonnées l'on ait*

$$(2)\qquad f_i(x) \leqq \frac{l_i}{x^{\alpha_i}} \qquad (i = 1, 2 \ldots \nu),$$

où les nombres l_i et $\alpha_i < 1$ sont constants et la somme $\sum_{i=1}^{\nu} \alpha_i < \nu - 1$, la fonction $F_n(x_n)$ tend vers zéro avec X_n, pourvu que $n \geqq \nu$.

La démonstration s'appuie sur l'égalité évidente

$$(3)\qquad \int_0^{\frac{z}{r}} \frac{dx}{x^p (z - rx)^q} = \int_0^{\frac{z}{2r}} \frac{dx}{x^p (z - rx)^q} + \frac{1}{r^{1-p}} \int_0^{\frac{z}{2}} \frac{dx}{(z - x)^p x^q} = C z^{1-p-q},$$

où $p < 1$, $q < 1$, $z > 0$, r et C sont positifs et indépendants de z. Posons

$$z_k = X_n - \sum_{i=k}^{n} m_i x_i$$

et considérons l'intégrale multiple

$$(4)\qquad \mathfrak{Z}_{(p_1, p_2, \ldots, p_\nu)} = m_1^{p_1} \int_0^{\frac{z_{\nu+1}}{m_\nu}} \frac{dx_\nu}{x_\nu^{p_\nu}} \int_0^{\frac{z_\nu}{m_{\nu-1}}} \frac{dx_{\nu-1}}{x_{\nu-1}^{p_{\nu-1}}} \cdots \int_0^{\frac{z_3}{m_2}} \frac{dx_2}{x_2^{p_2} (z_3 - m_2 x_2)^{p_1}},$$

où $p_i < 1$ $(i = 1, 2, \ldots, \nu)$. On voit que la dernière intégrale est de la forme (3). Comme il en est de même avec les suivantes, z_k étant égale à $z_{k+1} - m_k x_k$, en appliquant successivement la formule (3) on trouve

$$(5)\qquad \mathfrak{Z}_{(p_1, p_2, \ldots, p_\nu)} = \frac{C}{\left(X_n - \sum_{i=\nu+1}^{n} m_i x_i\right)^t},$$

où C est positif et constant et $t = \sum_{i=1}^{\nu} p_i - (\nu - 1)$.

Si X_n est assez petit pour que l'on ait $X_n < m_i b_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, la probabilité d'une telle valeur de X_n peut être écrite sous la forme

$$(6)\qquad F_n(X_n)\, dX_n = \frac{dX_n}{m_1} \int_0^{\frac{X_n}{m_n}} f_n(x_n)\, dx_n \int_0^{\frac{z_n}{m_{n-1}}} f_{n-1}(x_{n-1})\, dx_{n-1} \cdots$$
$$\times \int_0^{\frac{z_{\nu+1}}{m_\nu}} f_\nu(x_\nu)\, dx_\nu \cdots \int_0^{\frac{z_3}{m_2}} f_2(x_2) f_1\left(\frac{z_3 - m_2 x_2}{m_1}\right) dx_2.$$

Or si les fonctions $f_1, f_2, \ldots, f_\nu$ satisfont aux conditions du théorème et si X_n est assez petit pour que l'inégalité (2) soit satisfaite lorsque $x_i \leqq \frac{X_n}{m_i} (i = 1, 2, \ldots, \nu)$, on a

$$(7)\quad F_n(X_n) \leqq \frac{\prod_{i=1}^{\nu} l_i}{m_1} \int_0^{\frac{X_n}{m_n}} f_n(x_n)\, dx_n \ldots \int_0^{\frac{Z_{\nu+2}}{m_{\nu+1}}} \delta(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\nu) f_{\nu+1}(x_{\nu+1})\, dx_{\nu+1}.$$

Comme on a

$$-t_1 = t = \sum_{i=1}^{\nu} \alpha_i - (\nu - 1) < 0$$

et, d'autre part,

$$0 \leqq \int_0^{\frac{Z_k}{m_{k+1}}} f_{k-1} x_{k-1}\, dx_{k-1} \leqq 1$$

quel que soit k, on a $F_n(X_n) \leqq CX_n^{t_1}$, où C et t_1 sont constants et positifs, ce qui prouve le théorème. La même méthode permet de démontrer deux théorèmes qui sont en quelque sorte des réciproques au théorème I.

Théorème II. — *Si, au voisinage de l'origine des coordonnées, on a*

$$f_i(x_i) \geqq \frac{1}{x_i \beta^i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où les nombres $\beta_i < 1$ *sont constants, et la somme* $\sum_{i=1}^{n} \beta_i > n - 1$, *la fonction* $F_n(X_n)$ *est infinie pour* $X_n \to 0$.

Théorème III. — *Si toute fonction f_i est au voisinage de l'origine de la forme*

$$f_i(x) = \frac{\varphi_i(x)}{x^{\gamma_i}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où γ_i sont constants et leur somme $\sum_{i=1}^{n} \gamma_i = n - 1$, *et où la fonction φ_i tend vers une limite finie et positive lorsque $x \to 0$, la fonction F_n est au point $x = 0$ finie et positive.*

Lorsque toutes les fonctions f_i sont infinies à la même limite de l'intervalle où elles sont positives, la fonction F_n peut l'y être aussi.

Les conditions imposées aux fonctions f_i ne les empêchent pas de satisfaire aux conditions du théorème de M. P. Lévy (*loc. cit.*) et, par conséquent, la loi de probabilité F_n peut tendre vers la loi de Gauss.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations* $r+f(s,t)=0$. Note de M. **Jules Drach**.

1. J'ai ramené dans un travail récent (¹) la *détermination des congruences* W *dont la surface moyenne est un plan* à l'intégration de l'équation

$$(1)\qquad \frac{r}{s}=\Phi\left(\frac{s}{t}\right),$$

où r, s, t sont les dérivées secondes de z en x, y, et cette dernière à l'équation linéaire

$$(2)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial\alpha\,\partial\beta}=F(\alpha-\beta)\,\theta,$$

dont on peut former régulièrement tous les cas d'intégration explicite.

Je vais ici étendre ces résultats aux équations

$$(3)\qquad r+f(s,t)=0,$$

où f est une fonction quelconque.

2. Si l'on désigne par m_1 et m_2 les deux racines, supposées distinctes, de l'équation

$$m^2-m\frac{\partial f}{\partial s}+\frac{\partial f}{\partial t}=0,$$

il existe deux combinaisons intégrables des équations aux caractéristiques du second ordre : $ds+m_2\,dt=\lambda\,d\alpha$, $ds+m_1\,dt=\mu\,d\beta$.

On peut regarder s, t et r comme fonction de α et β ; m_1 et m_2 sont connus en α, β et le calcul de p, q, x, y, z en α, β peut se faire comme suit :

Si l'on pose

$$(4)\qquad \begin{cases} d(p-rx-sy)=-(x\,dr+y\,ds)=-d\mathrm{P},\\ d(q-sx-ty)=-(x\,ds+y\,dt)=-d\mathrm{Q},\end{cases}$$

on trouve que P et Q satisfont au système

$$(5)\qquad \frac{\partial \mathrm{P}}{\partial\alpha}=-m_1\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial\alpha},\qquad \frac{\partial \mathrm{P}}{\partial\beta}=-m_2\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial\beta},$$

x, y étant donnés par les relations

$$(y-m_1x)\frac{\partial t}{\partial\alpha}=\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial\alpha},\qquad (y-m_2x)\frac{\partial t}{\partial\beta}=\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial\beta}.$$

(¹) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1591, et *Bulletin Soc. math.*, 53, 1925, p. 1-33.

La fonction Q est une solution quelconque de l'équation

$$(6)\qquad 2\frac{\partial^2 Q}{\partial\alpha^3\beta} - \frac{\dfrac{\partial^2 t}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\dfrac{\partial t}{\partial\alpha}}\frac{\partial Q}{\partial\alpha} - \frac{\dfrac{\partial^2 t}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\dfrac{\partial t}{\partial\beta}}\frac{\partial Q}{\partial\beta} = 0.$$

On a z par une quadrature : $z = \frac{1}{2}(nx^2 + 2sxy + ty^2) - Px + Qy + Z$, où

$$2dZ = \frac{\left(\dfrac{\partial Q}{\partial\alpha}\right)^2}{\dfrac{\partial t}{\partial\alpha}}d\alpha + \frac{\left(\dfrac{\partial Q}{\partial\beta}\right)^2}{\dfrac{\partial t}{\partial\beta}}d\beta.$$

La condition d'intégrabilité de dZ est précisément l'équation (6). C'est donc à l'intégration de cette équation linéaire (6), où t est une fonction de α, β connue, que se ramène l'intégration de (**3**).

3. Ces résultats m'ont conduit à une méthode de *construction* des équations (3) que l'on peut intégrer en partant d'équations linéaires.

Supposons que l'on se donne seulement la fonction $t(\alpha, \beta)$ que l'on peut choisir arbitrairement; on obtiendra les expressions les plus générales de m_1 et m_2 compatibles avec cette forme t, en prenant

$$(7)\qquad \begin{cases} m_2 = m_1 + 2\omega, \\ dm_1 = -\left(2\dfrac{\partial\omega}{\partial\alpha} + \omega\dfrac{\dfrac{\partial^2 t}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\dfrac{\partial t}{\partial\beta}}\right)d\alpha + \omega\dfrac{\dfrac{\partial^2 t}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\dfrac{\partial t}{\partial\alpha}}d\beta, \end{cases}$$

où ω est la solution la plus générale de l'équation de Laplace *adjointe* à (6).

L'intégration de (6) donne ainsi — avec ω et Q — une équation (3) qui dépend des arbitraires de ω et dont la solution générale est connue.

Faisons maintenant jouer à r le rôle que jouait t au paragraphe précédent — c'est-à-dire échangeons le rôle des variables x et y; on déduira de r, par l'intégration d'une équation de Laplace et de son adjointe, des expressions de s et de t qui contiendront de nouvelles arbitraires et donneront une nouvelle équation (3) qu'on pourra intégrer. *Et ainsi de suite*.

En se donnant au départ s en α, β et cherchant les expressions générales de r et de t, on a également des transformations intéressantes.

4. Si l'on prend, au lieu de Q, l'inconnue Z, elle dépend de l'équation

$$(8)\qquad \frac{\dfrac{\partial^2 Z}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\sqrt{\dfrac{\partial z}{\partial\alpha}\dfrac{\partial z}{\partial\beta}}} = \frac{\dfrac{\partial^2 t}{\partial\alpha\,\partial\beta}}{\sqrt{\dfrac{\partial t}{\partial\alpha}\dfrac{\partial t}{\partial\beta}}} = 4\lambda^2(\alpha, \beta).$$

La définition de Z donne d'ailleurs : $\omega = \frac{\frac{\partial R}{\partial \alpha}}{\frac{\partial t}{\partial \alpha}} - \frac{\frac{\partial R}{\partial \beta}}{\frac{\partial t}{\partial \beta}}$, R désignant une solution de l'équation (6), de sorte que *tout revient à l'intégration de* (8). Ce sont là les équations découvertes et étudiées par M. Goursat ([1]); en posant $\sqrt{\frac{\partial z}{\partial \alpha}} = u$, $\sqrt{\frac{\partial z}{\partial \beta}} = v$, on obtient le système linéaire

$$(9) \qquad \frac{\partial u}{\partial \beta} = \lambda v, \qquad \frac{\partial v}{\partial \alpha} = \lambda u.$$

Si l'on part de $\lambda(\alpha, \beta)$ on a donc, *avec deux solutions de ce système*, r, s, t, c'est-à-dire l'équation (3) et *avec une nouvelle solution*, qui donne Z, *l'intégrale générale* de (3). Le théorème de M. Goursat, analogue à celui de Moutard, permet alors de construire de proche en proche les systèmes (9) intégrables par la méthode de Laplace et par suite les équations (3) intégrables par la méthode de Darboux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rayon de convergence et sur les singularités d'une classe de fonctions analytiques définies par le développement de Taylor*. Note ([2]) de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Hadamard.

1. On sait que si $f(z)$ est une fonction analytique régulière autour du point $z = 0$ et $\Sigma a_n z^n$ est son développement en série de puissances de z, dans le domaine de ce point, il y a une infinité de fonctions analytiques transcendantes entières $g(z)$ telles que pour chaque valeur de n entier positif elles acquièrent la valeur a_n.

Telles sont, par exemple, les fonctions

$$g(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(C)} \frac{f(n)}{n^{z+1}}\,dn + e^{Q(z)} \prod_1^{\infty} e^{\frac{z}{n}}\left(1 - \frac{z}{n}\right)$$

qu'on obtient au moyen de l'intégrale de Cauchy.

M. Borel ([3]) a de son côté indiqué l'expression

$$g(t) = \frac{\sin \pi t}{\pi} \sum \frac{a_n}{t-n}(-1)^n$$

qui est, en général, d'ordre égal à 1.

([1]) *Bulletin de la Soc. math. de France*, **25**, 1897, p. 36; **28**, 1900, p. 1.

([2]) Séance du 31 mai 1926.

([3]) E. Borel, *Sur la recherche des singularités d'une fonction définie par un déve-*

M. Leau ([1]) a annoncé l'intéressant résultat que si $g(t)$ est d'ordre $\rho < 1$, le point $z = 1$ est seul singulier dans tout le plan des z, et, par conséquent, le rayon R de convergence de $\Sigma\, a_n z^n$ est l'unité.

M. Leau, qui établit ce résultat au cours de plusieurs travaux, exclut donc le cas où $g(t)$ est de genre $k = 0$ mais d'ordre $\rho = 1$, et l'on ne connaît jusqu'ici aucun résultat à ce sujet.

On sait d'ailleurs que l'étude de n'importe quel fait analytique, où la considération des fonctions entières d'ordre entier joue un rôle important, présente en général des difficultés très sérieuses ([2]).

Seulement alors, du reste, peut se présenter le cas bien connu d'exception de M. Picard et l'on peut aussi affirmer que la presque totalité des résultats vraiment intéressants ont été obtenus lorsque ρ n'est pas entier.

Cependant nous avons établi le suivant :

Théorème. — *Si $f(z)$ est une fonction analytique régulière autour du point $z = 0$ et si $\Sigma a_n z^n$ est son développement en série de puissances de z dans le domaine de ce point, le coefficient général a_n étant la valeur que pour n entier positif acquiert une fonction $g(t)$ transcendante entière de genre $k = 0$ et d'ordre $\rho = 1$, et si, pour une infinité de valeurs de l'indice i, l'inégalité*

$$r_{i+1} > (1 + \eta) r_i$$

est vérifiée, r_i étant les modules des zéros de la fonction entière $g(t)$ et η une quantité positive quelque petite qu'elle soit, mais fixée a priori, *le rayon* R *de convergence du développement $\Sigma a_n z^n$ est l'unité et le point $z = 1$ est certainement singulier sur le cercle de convergence.*

2. Voici, en quelques lignes, la méthode que nous avons suivie :

Nous partons, tout d'abord, de la formule fondamentale de Cauchy-Hadamard $\frac{1}{R} = \overline{\lim_{n \to \infty}} \left| \sqrt[n]{a_n} \right|$ et en faisant usage d'une décomposition de Poincaré ([3]) nous arrivons à conclure qu'à partir d'un n suffisamment

---

loppement de Taylor (*Comptes rendus*, **127**, 1898, p. 1001). Voir aussi Borel, *Méthodes et problèmes de Théorie des fonctions* (Paris, Gauthier-Villars, 1922, p. 133).

([1]) Voir pour la bibliographie complète des travaux de M. Leau sur ce sujet : Hadamard, *La série de Taylor et son prolongement analytique* (Paris, Naud, *Collection Scientia*, mai 1901, **12**, p. 1, n^os 10 et 11).

([2]) M. Lindelöf signale aussi ces difficultés : voir *Quelques théorèmes nouveaux sur les fonctions entières* (*Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 1279).

([3]) Voir Borel, *Leçons sur les fonctions entières*, 1900, p. 49 et 50.

grand on a

$$|\sqrt[n]{a_n}| < 1 + \varepsilon,$$

ε étant un nombre positif quelconque fixé d'avance.

Nous réduisons ensuite la question posée à celle de la détermination d'une succession infinie de valeurs de n telle qu'on ait

$$\prod_{m+1}^{\infty}\left(1 - \frac{1}{r_i - n}\right) < 1 - \sigma$$

avec σ positif quelconque et choisi à l'avance et m étant un nombre indépendant de n et convenablement choisi; détermination que nous démontrons toujours possible sous l'hypothèse qui figure dans l'énoncé du théorème.

Enfin la singularité au point $z = 1$ résulte du fait que le produit infini

$$\prod_{1}^{\infty} e^{-\alpha_i n}\left(1 - \frac{n}{a_i}\right)$$

est, comme nous l'établissons, absolument et uniformément convergent dans tout le plan des n, y compris le point $n = \infty$, de la permutabilité des deux signes lim et $\prod_{1}^{\infty}$ qui en dérive, et de l'application successive d'un théorème bien connu de M. Fabry ([1]).

Nous nous proposons de traiter prochainement le cas où $k = 1$ et $\rho = 1$ qui peut se démontrer, en général, par un rayon de convergence quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe spéciale d'équations de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$*. Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Dans sa réponse aux remarques que j'ai faites au sujet de son intéressant résultat, M. Laîné, après avoir complété l'étude de l'équation E_1, semble craindre que ses conclusions n'infirment les miennes : on peut les concilier sans peine.

([1]) Pour la bibliographie complète des travaux de M. Fabry sur ce sujet, voir Hadamard, *loc. cit.*, en particulier, p. 1, n° 9.

D'abord l'équation E_1 relève, quel que soit l'ordre de son invariant X, s'il existe, des méthodes qui m'ont conduit à la formation et à la discussion de E. Si E_1 n'admettait pas d'invariant du 3^e ordre, elles permettraient bien de conclure que E_1 n'est pas de la 1^{re} classe.

Un beau calcul de M. Laîné montre qu'il y a un invariant du 3^e ordre. Dans ce cas, un raisonnement facile à faire à partir des éléments de mon Mémoire montre que la seule hypothèse à considérer est celle où l'équation

$$s = p\varphi(x, y, z, q) \tag{1}$$

peut se mettre sous la forme

$$\frac{\partial\varphi(x, y, z, q)}{\partial x} = \frac{\partial\psi(x, y, z, p)}{\partial y}. \tag{2}$$

Toutes les solutions de (1) vérifient alors *l'équation différentielle*

$$\frac{r}{p} = \psi(x, y, z, p) + X(x)$$

dont l'intégrale générale $z = A(x, y, Y, Y_1)$ permet l'intégrale générale de (1), en établissant entre Y et Y_1 la relation

$$\frac{\partial}{\partial y} L \frac{\partial A}{\partial x} = \varphi\left(x, y, A, \frac{dA}{dy}\right)$$

qui ne dépend plus que de y.

En résumé, dans ce cas, il y a un invariant du second ordre et l'équation qu'il fournit admet *toutes* les solutions de (1); c'est dire que l'équation (1) s'intègre comme une équation différentielle.

Il est facile de former toutes les fonctions φ qui vérifient la condition (2). Elles fournissent des équations (1) parmi lesquelles il peut y avoir des équations de la première classe non explicitement cataloguées. J'ai formé le groupe (1) mais n'en ai jamais terminé l'étude, parce que ces équations m'ont paru s'intégrer plus facilement comme équations différentielles que par la méthode de Darboux.

L'équation E_1 qui s'écrit

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\sqrt{q}+q}{z-y} + \frac{q}{z-x}\right) = \frac{\partial}{\partial y}\left\{\frac{p}{2}\left(\frac{1}{z-y} + \frac{3}{z-x}\right) - \frac{1}{z-x}\right\}$$

est un cas particulier d'une des équations du groupe (1).

Peut-on dès lors dire que E_1, et les équations (1) en général, « se ramènent » à des cas connus ? Ce n'est plus qu'une question de mots et les

précédents sont tantôt en faveur de M. Lainé, tantôt en ma faveur. J'ai moi-même adopté l'une ou l'autre attitude, suivant l'intérêt que me paraissait avoir le résultat. L'étude approfondie de M. Lainé et les propriétés très remarquables de E_1 me paraissent, dans ces conditions, des raisons suffisantes pour faire à cette équation une place dans la nomenclature des équations de la première classe.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries trigonométriques conjuguées.* Note [1] de M. G. **Alexitch**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient

$$s(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta),$$

$$s^*(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin n\theta - b_n \cos n\theta)$$

deux séries trigonométriques conjuguées. Soient encore

$$P(\rho, \theta) = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta)\rho^n,$$

$$P^*(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin n\theta - b_n \cos n\theta)\rho^n$$

deux séries. Nous désignerons $\lim_{\rho \to 1} P(\rho, \theta)$ et $\lim_{\rho \to 1} P^*(\rho, \theta)$ par $P(\theta)$ et $P^*(\theta)$.

Théorème. — *Pour que les séries conjuguées $s(\theta)$ et $s^*(\theta)$ soient toutes deux des séries de Fourier, il faut et il suffit que les intégrales*

$$\mathfrak{I}(\rho) = \int_0^{2\pi} |P(\rho, \theta)|\, d\theta, \qquad \mathfrak{I}^*(\rho, \theta) = \int_0^{2\pi} |P^*(\rho, \theta)|\, d\theta,$$

aient pour $\rho < 1$ une borne supérieure indépendante de ρ.

Ce théorème a de nombreuses conséquences relatives à la théorie des fonctions analytiques. Je ferai remarquer seulement qu'il contient la raison profonde du fait que les valeurs limites des fonctions étudiées par MM. Fatou [2],

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) P. Fatou, *Acta math.*, 30, 1906, p. 335-400.

F. et M. Riesz [1], Szegö [2] et Ostrowski [3] sont de la nature indiquée par ces auteurs.

2. La condition est nécessaire. En effet, les moyennes de Poisson d'une série de Fourier $s(\theta)$ sont intégrables, alors

$$\int_0^{2\pi} |P(\theta)|\, d\theta < G.$$

On peut diviser l'intervalle d'intégration grâce à un théorème de M. Egoroff [4] en deux ensembles E_k et $\overline{E_k}$ qui sont tels, que la mesure de $\overline{E_k}$ tend avec $\frac{1}{k}$ vers zéro et que $P(\rho, \theta)$ converge uniformément vers $P(\theta)$ en tout point θ de l'ensemble K_k. On trouve donc

$$\lim_{\rho \to 1} \int_{E_k} |P(\rho, \theta)|\, d\theta < G.$$

Cette intégrale tend vers $\mathfrak{z}(\rho)$, lorsque k tend vers infini. Quant à la partie prise sur $\overline{E_k}$, on voit que

$$\lim_{k \to \infty} \int_{\overline{E}_k} |P(\rho, \theta)|\, d\theta = 0.$$

Il suit donc

$$\lim_{\rho \to 1} \mathfrak{z}(\rho) = \lim_{\rho \to 1} \int_0^{2\pi} |P(\rho, \theta)|\, d\theta < G.$$

Comme les nombres $\mathfrak{z}(\rho)$ sont croissants en vertu d'un théorème dû à M. Hardy [5] si $\rho \to 1$, il s'ensuit $\mathfrak{z}(\rho) > G$ pour $\rho < 1$. On voit de la même manière que les $\mathfrak{z}^*(\rho)$ sont aussi bornées dans leur ensemble.

3. La condition donnée est suffisante. En effet M. Ostrowski a démontré [6] que la série de Fourier

$$\Phi(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{a_n}{n} \sin n\theta - \frac{b_n}{n} \cos n\theta \right)$$

---

(1) F. et M. Riesz, *C. R. 4e Congrès Math. Scandinaves*, 1916, p. 27-44; F. Riesz, *Acta Univ. Franc. Joseph*, 1, 1923, p. 88-97.

(2) G. Szegö, *Math. Ann.*, 84, 1921, p. 232-244.

(3) A. Ostrowski, *Acta Univ. Franc. Joseph*, 1, 1923, p. 80-87.

(4) Th. Egoroff, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 244-246.

(5) G. H. Hardy, *Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 14, 1915, p. 269-277.

(6) A. Ostrowski, *loc. cit.*, p. 82-83.

représente une fonction à variation bornée, si $\mathfrak{Z}(\rho)$ est bornée pour $\rho < 1$. Comme d'après la supposition $\mathfrak{Z}(\rho)$ et $\mathfrak{Z}^*(\rho)$ sont bornées, $\Phi(\theta)$ et $\Phi^*(\theta)$ représentent toutes deux des fonctions à variation bornée. Il résulte donc d'après un théorème de MM. Riesz [1] que leurs dérivées formelles terme à terme $s(\theta)$ et $s^*(\theta)$ sont encore séries de Fourier, ce qui achève la démonstration.

4. Désignons la partie réelle et imaginaire des valeurs limites de la fonction holomorphe $f(\rho e^{i\theta})$ par $\mathfrak{R} f(e^{i\theta})$ et $\mathfrak{J} f(e^{i\theta})$. Nous supposons que ces valeurs limites sont intégrables. Un raisonnement identique à celui qui précède conduit au théorème suivant :

Théorème. — *Pour que la fonction holomorphe $f(\rho e^{i\theta})$ régulière à l'intérieur du cercle de rayon unité ait sur la circonférence presque partout des valeurs limites intégrables, il faut et il suffit que $\mathfrak{R} f(e^{i\theta})$ et $\mathfrak{J} f(e^{i\theta})$ soient les moyennes de Poisson de deux séries de Fourier conjuguées.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques propriétés géométriques des surfaces d'équilibre relatif d'une masse liquide de révolution, sans pesanteur, à tension superficielle, en rotation uniforme autour de son axe de révolution.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Nous ne considérons que les surfaces d'un seul tenant et ayant des points sur l'axe de révolution. Nous en avons indiqué déjà plusieurs propriétés, dans un Mémoire inséré dans les *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure* (43, 1926, p. 129 à 176). Il est facile de voir que les figures d'équilibre étudiées dans ce Mémoire conviennent encore quand la masse liquide considérée est pesante et immergée dans un liquide pesant, non miscible à elle et de densité égale à la sienne. Et ce dernier problème ne diffère de celui de l'expérience de Plateau (l'action newtonienne entre particules liquides étant négligée) que par la suppression de l'axe matériel de rotation.

Dans la présente Note, le numérotage des formules fait suite à celui du Mémoire précité dont nous conservons les notations.

2. Considérons différentes masses liquides de révolution, de natures, de volumes et de vitesses de rotation quelconques, telles que, pour toutes, la quantité $K^2 = k^2 a^3$ ait la même valeur (a est le rayon équatorial; k^2 est

(1) F. et M. Riesz, *loc. cit.*, p. 44.

égal à $\frac{\omega^2\delta}{8f}$, où ω, δ, f sont la vitesse angulaire, la densité et la valeur de la tension superficielle). Si toutes les surfaces libres sont placées de manière que leurs axes de révolution et leurs centres soient confondus, *elles sont toutes homothétiques à l'une quelconque d'entre elles, par rapport à leur centre commun*. Il suffit, pour le voir, de se reporter à la formule (10) du Mémoire, donnant $\frac{y}{a}$, où $t = \frac{x^2}{a^2}$ (x et y sont les coordonnées d'un point du méridien par rapport à ses axes de symétrie, l'axe des y étant l'axe de révolution). Si R désigne toujours le rayon de la sphère de volume égal à celui de la masse liquide, il convient de remarquer que $k^2 R^3$ *a la même valeur pour les différentes masses considérées*, car, à une valeur de K^2 ne correspond qu'une valeur de $k^2 R^3$ (voir p. 148 et 149 du Mémoire).

3. Soient τ et ρ le rayon de courbure du méridien et le second rayon de courbure principal de la surface libre, en un point, distant de x de l'axe de révolution. τ et ρ sont comptés positivement quand le centre de courbure correspondant est du côté du plan tangent occupé par le liquide et négativement dans le cas contraire. Les formules (3), (20) et (31) de ce Mémoire conduisent facilement à

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\tau_0} + k^2 x^2 \tag{56}$$

et à

$$\frac{1}{\tau} - \frac{3}{\rho} = -\frac{2}{\tau_0}. \tag{57}$$

$\frac{1}{\tau} - \frac{3}{\rho}$ *a donc la même valeur en tous les points du méridien*. La valeur absolue de ρ n'est autre, évidemment, que la longueur du segment de normale au méridien, compris entre le méridien et l'axe de révolution.

4. Des formules (31) du Mémoire et (56) ci-dessus, de la formule d'Euler sur la courbure normale, en un point, des lignes tracées sur une surface et de la formule de Clairaut sur les géodésiques des surfaces de révolution, on déduit que

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{r} = 2k^2 x_0^2, \tag{58}$$

τ et r étant les rayons de courbure, au même point, du méridien et de la géodésique correspondant aux parallèles limites de rayon x_0 (τ et r sont comptés positivement ou négativement selon la convention du paragraphe 3). Donc, *en tout point d'une même géodésique, la courbure du méridien surpasse*

celle de la géodésique, de la quantité $2k^2x_0^2$, *constante tout le long de cette géodésique.*

5. De la formule classique de la torsion géodésique d'une ligne tracée sur une surface, on déduit, ici, que, si $d\theta$ est l'angle de deux binormales à la géodésique considérée, en deux points infiniment voisins, et $d\Omega$, l'aire de la zone de la surface comprise entre les deux parallèles correspondants,

$$\frac{d\theta}{d\Omega} = \frac{k^2 x_0}{\pi}, \tag{59}$$

quantité constante tout le long d'une géodésique. On peut donc dire qu'*un segment de droite de longueur constante et égale à* $\sqrt{\frac{2\pi}{k^2x_0}}$, *partant d'un point fixe et parallèle à la binormale de la géodésique, balaye une aire conique égale à celle de la zone correspondante de la surface,* x_0 étant toujours le rayon des parallèles limites de la géodésique considérée.

6. Signalons aussi, sans le démontrer faute de place, que, dans les zones à courbures principales opposées existant sur celles des surfaces d'équilibre qui sont concaves aux pôles, on a, *tout le long des lignes asymptotiques :*

$$r_1^2 \tau \sin^2\lambda = \frac{2}{9k^2} = \text{const.}, \tag{60}$$

r_1 et τ étant les rayons de courbure de l'asymptotique et du méridien, au même point; λ, l'angle de la normale à la surface, en ce point, avec le plan équatorial.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur un modèle simple d'électromètre à faible capacité.* Note de M. J. Villey, présentée par M. J. Perrin.

J'ai eu l'occasion de signaler autrefois [1] une disposition particulièrement simple d'électromètre, dans laquelle les quadrants sont remplacés par des fils tendus suivant quatre génératrices d'un cylindre de révolution ayant pour axe le fil de suspension, et l'aiguille par une lamelle rectangulaire allongée verticalement dont le plan contient cet axe. Dans la position de torsion nulle, l'aiguille est placée dans un des deux plans rectangulaires par rapport auxquels les quadrants sont symétriquement disposés. J'ai été amené à reprendre la réalisation de cet appareil en vue de l'utiliser pratiquement — et même industriellement — dans un appareillage destiné à des enregistrements dynamométriques par la méthode électrométrique étudiée dans le Mémoire cité ci-dessus.

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 26, 1912, p. 489.

Le modèle en a été établi avec la collaboration de M. Edgard Bouty. On a cherché d'une part une construction très simple permettant de réaliser l'appareil en série à peu de frais, et d'autre part, un encombrement très réduit, grâce auquel on puisse facilement installer une série d'appareils avec enregistrements simultanés sur un même cylindre.

Le corps de l'électromètre est un tube vertical en laiton, de 40^{mm} de diamètre extérieur; sa longueur peut être choisie en rapport avec le fil de torsion qu'on veut utiliser, elle est actuellement de 35^{cm}, et des portions de tubes amovibles permettent de l'augmenter facilement au gré des besoins. Dans ce corps cylindrique vient se placer le *véhicule porte-quadrants :* c'est un tube cylindrique glissant à frottement doux dans le tube principal, et dont les deux extrémités portent des couronnes isolantes (réalisées en orca); les fils d'argent recuit de $\frac{4}{10}$ de millimètre de diamètre et de 10^{cm} de longueur, qui constituent les quadrants, sont tendus entre ces deux couronnes suivant les quatre arêtes d'un prisme droit à section carrée inscrit dans un cylindre de 10^{mm} de diamètre; une vis pointeau, traversant le tube principal, immobilise ce véhicule dans sa position correcte. Quatre trous de quelques millimètres de diamètre, percés dans le tube principal en face des attaches supérieures des quadrants, permettent d'y prendre de l'extérieur les connexions nécessaires.

L'équipage est une feuille mince rectangulaire d'argent ou de clinquant, de 6^{mm} de largeur et 55^{mm} de longueur, gaufrée suivant son axe de symétrie longitudinal par une gouttière dans laquelle est soudé le fil de cuivre vertical qui constitue son armature rigide. Cette armature se prolonge vers le bas, au-dessous du véhicule, pour porter le miroir et le dispositif amortisseur. Pour ce dernier, la solution qui s'est montrée la mieux adaptée à des réglages faciles est donnée par un petit fil métallique soudé en croix, qui plonge dans de l'huile fluide.

Le pied, en fonte, est un angle rectangle posé horizontalement; le corps de l'électromètre est fixé verticalement au sommet de cet angle, et les vis calantes de réglage sont aux extrémités des deux branches. En imbriquant ces angles les uns dans les autres, on peut serrer une série d'électromètres avec des écartements mutuels qui ne dépassent guère le diamètre du tube principal (4^{cm}). Pour le transport, on abaisse l'attache supérieure du fil de torsion, et l'équipage vient reposer dans le tube vertical qui contient, à sa partie supérieure, le liquide amortisseur.

Le très faible moment d'inertie de l'aiguille permet d'opérer avec des couples directeurs très petits.

Le couple directeur électrique est négatif, ses variations en fonction de

la différence de potentiel V établie entre l'aiguille et les quadrants dépendent un peu de la précision réalisée dans la forme, et dans le réglage de position relative, de l'aiguille et des quadrants. Comme ordre de grandeur, avec une suspension en fil d'argent de 2 centièmes de millimètre de diamètre et de 16^{cm} de longueur, l'instabilité apparaît entre 140 et 160 volts suivant la précision du réglage. On peut alors utiliser très facilement l'électromètre avec une valeur de V comprise entre 120 et 135 volts, suivant les cas, qui donne un couple directeur total approximativement égal au quart du couple de torsion. Dans ces conditions d'emploi, la sensibilité est de l'ordre de 25 à 30^{mm}, sur une règle à 1^{m} de distance, pour 1 volt de différence entre les deux paires de quadrants.

C'est une sensibilité aux volts moins élevée que celle des électromètres de précision à quadrants plans; mais elle est largement suffisante pour les applications envisagées. D'ailleurs la capacité des quadrants filiformes est beaucoup plus petite; elle est du même ordre que celles réalisées dans les électroscopes, avec une sensibilité aux volts très supérieure; il en résulte une sensibilité aux charges très élevée, avec les facilités d'enregistrement photographique liées à la mesure par spot lumineux : cet électromètre se présente donc comme susceptible d'être utilisé avantageusement dans les mesures d'ionisation et de radioactivité; les chambres d'ionisation peuvent être très facilement fixées, par une douille amovible, directement sur le corps de l'électromètre, au niveau des prises de connexion des quadrants.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détection par les contacts métalliques. Détecteur symétrique.* Note (¹) de M. **H. Pélabon**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai déjà signalé (²) que la détection des ondes électromagnétiques (dans le cas où l'on utilise un amplificateur à transformateurs) peut être réalisée à l'aide d'un mauvais contact, en particulier avec une chaîne métal-diélectrique-métal, pourvu que l'épaisseur extrêmement faible du diélectrique soit rendue suffisamment constante.

Voici deux dispositifs qui suppriment l'emploi des poussières diélectriques calantes :

1° Une sphère d'acier par exemple est posée sur trois pointes isolantes dont deux sont fixées à la surface d'une lame de laiton, la troisième peut subir des déplacements extrêmement faibles et faire varier la distance de la sphère au plan de quantités de l'ordre de 10^{-6}cm;

(¹) Séance du 21 juin 1926.

(²) H. Pélabon, *L'onde électrique*, 5, n° 52, 1926, p. 141.

2° Une aiguille métallique disposée normalement à la surface d'un conducteur recouvert d'une lame de mica est enfoncée très lentement. Dès que la pointe de l'aiguille après avoir traversé le mica apparaît devant le conducteur, la détection a lieu et le système est suffisamment stable. Le mica peut être remplacé par de la paraffine, du papier, etc.

Je me bornerai dans cette Note à indiquer seulement quelques résultats des recherches faites avec le premier dispositif.

Le système sphère plan dans les conditions indiquées est un excellent détecteur assez stable et rendant les sons avec une grande pureté.

Supposons qu'on rapproche lentement les deux conducteurs, on perçoit d'abord au téléphone un bruissement continu, puis après un léger accroissement d'intensité de celui-ci, la détection s'établit et l'on entend l'émission radiotéléphonique d'abord faiblement. En continuant à rapprocher les deux conducteurs l'intensité du son croît, passe par une valeur maxima puis décroît très vite jusqu'au silence complet.

Il résulte de toutes les observations que j'ai pu faire que la zone de détection doit avoir une épaisseur de l'ordre de 10^{-6} cm. Si l'on rapproche ce résultat de ce que l'on sait de l'épaisseur de la couche électronique qui existe normalement sur chaque métal et qui est de l'ordre du centième de micron, il est naturel de penser que la détection devient possible lorsque les deux métaux sont suffisamment rapprochés pour que leurs brouillards électroniques s'abordent.

Plaçons-nous dans les conditions pour lesquelles l'intensité du son perçu est maxima et à l'aide d'un potentiomètre établissons une différence de potentiel entre les deux conducteurs. Si la sphère est au potentiel le plus élevé, le son est renforcé; si au contraire c'est la plaque métallique l'intensité du son est diminuée et pour une différence de l'ordre du centième de volt on a le silence, mais si dans ces conditions on continue de faire croître la différence de potentiel on entend de nouveau avec une intensité croissante.

Les phénomènes observés sont encore plus nets si l'on substitue au plan de laiton une plaque d'acier, mais alors pour renforcer le son il faut donner le potentiel le plus élevé à la plaque, c'est-à-dire dans le sens du courant rectifié.

Cas du détecteur symétrique. — Encouragé par ces résultats, j'ai essayé le contact direct de deux billes d'acier de même diamètre, 3^{cm}, et j'ai réussi de suite à détecter très bien et d'une manière assez stable même sans interposition de poussières isolantes. (Les deux sphères suspendues à un support isolant par des fils de cuivre de 15^{cm} de longueur étaient simplement amenées au contact.) J'ai su que le même jour M. Cayrel, qui a répété mes expé-

riences, réussissait à détecter dans les mêmes circonstances avec deux anneaux d'or identiques. Il a de plus vérifié que le courant rectifié s'établissait tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé.

Il ne faudrait pas exagérer l'importance de cette expérience, car si les deux conducteurs paraissent identiques, ils ne le sont probablement pas en réalité. Les surfaces en regard peuvent avoir des courbures un peu différentes, et de plus l'acier et l'or d'horlogerie utilisé par M. Cayrel ne sont pas des corps purs.

J'ai réussi cependant plusieurs fois en changeant les points de contact des deux billes à réaliser le détecteur symétrique parfait avec lequel on ne perçoit forcément aucun son, si les deux sphères sont au même potentiel, mais qui donne un son de même intensité quand on établit dans un sens ou dans l'autre une différence de potentiel entre les deux sphères.

Influence de la nature des métaux. — J'ai fait argenter, dorer, nickeler des sphères d'acier de manière à pouvoir les mettre en contact avec des lames de même nature ou de métaux différents. Mes premières recherches montrent que la détection est possible dans tous les cas, mais la stabilité de l'appareil est très variable. Je poursuis ces études.

Influence de la nature du diélectrique interposé. — Il est très facile de placer entre les deux conducteurs de l'appareil décrit plus haut des gouttes de différents liquides ou bien, en prenant un appareil de dimensions réduites, d'opérer dans différents gaz. On abserve alors que les liquides parfaitement isolants ne changent rien au phénomène. Le benzène, le toluène, l'essence de térébenthine, les dérivés halogénés des carbures, l'éther anhydre, etc., les gaz H — O — Az — CO^2 — AzH^3 — oxygène ozonisé, etc., ne changent rien à la détection. Dans le vide réalisé avec la trompe de Langmuir, la détection se fait encore ni mieux ni moins bien. Ces résultats semblent en parfait accord avec ceux que Blanc a trouvés par l'étude de la cohération [1].

PHOTOCHIMIE. — *La photolyse des alcools.* Note [2] de M. VOLMAR, présentée par M. Daniel Berthelot.

MM. D. Berthelot et Gaudechon ont montré [3] que sous l'influence des radiations ultraviolettes, les alcools se décomposent plus difficilement que les aldéhydes et les cétones, avec formation d'un mélange gazeux d'hydro-

(1) BLANC, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1905.
(2) Séance du 7 juin 1926.
(3) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 383.

gène, d'oxyde de carbone et de carbure :

$$\mathrm{R\,CH^2OH = CO + \frac{3}{2}H^2 + \frac{1}{2}R - R}\cdot$$

Si l'on essaye d'appliquer à cette réaction la loi d'équivalence photochimique et de calculer par la méthode que nous avons indiquée dans une précédente Note [1] son potentiel photochimique, on trouve comme longueur d'onde nécessaire à sa production : $\lambda = 0^{\mu},105$.

Ce résultat est d'accord avec celui obtenu par M. V. Henri, qui, au cours de ses recherches sur les spectres d'absorption des alcools (*Études de Photochimie*, p. 61), n'a trouvé dans l'ultraviolet moyen ($\lambda > 0^{\mu},2$) que les bandes correspondant aux groupes CH^3 et CH^2 de la molécule, mais a pu calculer qu'une très forte bande correspondant à la fonction alcool devait se trouver dans l'ultraviolet extrême, au voisinage de $\lambda + 0^{\mu},11$.

La radiation capable de photolyser les alcools appartient donc à une région du spectre qui n'est pas pratiquement utilisable, elle n'existe pas dans les rayonnements émis par les sources usuelles d'ultraviolet. Ce n'est donc pas celle qui provoque la décomposition signalée par MM. Berthelot et Gaudechon, et la réaction, plus complexe ici que dans les cas des aldéhydes et des cétones, n'est pas une véritable photolyse primaire.

En exposant aux radiations émises par une lampe à vapeur de mercure en quartz, type silica 110 volts, marchant en régime poussé (4 ampères) et pendant des temps courts variant de 30 minutes à 1 heure, 5^{cm^3} de solutions aqueuses à 1 pour 100 d'alcools primaires (formique, éthylique, propylique, butylique), secondaires (isopropylique et isobutylique) et tertiaire (triméthylcarbinol), nous avons constaté qu'au début de la photolyse, l'hydrogène était prédominant dans le gaz dégagé, le mélange s'enrichissant ensuite en oxyde de carbone. Nous avons pu également caractériser dans la solution la formation constante d'aldéhydes ou de cétones, au moyen des réactions de Schiff, de Fittig et Tollens, de Barbet-Jandrier pour les aldéhydes, de Légal et la formation d'iodoforme pour les cétones.

En additionnant les solutions exposées d'une substance capable de fixer l'aldéhyde ou la cétone formée et de la soustraire à l'action des radiations, par exemple de $0^{cm^3},5$ de solution concentrée de bisulfite de sodium, ou d'ammoniac, le dégagement gazeux devient environ trois fois plus faible et ne renferme presque pas d'oxyde de carbone. Dans les solutions bisulfitiques, nous avons pu caractériser l'aldéhyde ou la cétone formées.

La décomposition photochimique des alcools sous l'influence du rayon-

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 697.

nement de la lampe à vapeur de mercure se ferait donc en deux temps.

1° *Déshydrogénation de l'alcool avec formation d'aldéhyde ou de cétone :*

$$R-CH^2OH = RCHO + H^2,$$

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CHOH = \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CO + H^2,$$

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C(OH)-R'' = \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CO + \frac{1}{2}H^2 + \frac{1}{2}R''-R''.$$

2° *Photolyse de l'aldéhyde ou de la cétone formée :*

Elle est donc en tous points comparable à la décomposition catalytique des alcools, en présence de métaux réduits (Cu — Ni) étudiée par MM. Sabatier et Senderens [1].

Nous avons calculé, pour les divers alcools employés, la longueur d'onde de la radiation susceptible de provoquer cette déshydrogénation, en utilisant les données de Weinberg [2] et en remarquant que le passage du carbonyle $>C=O$ au groupe $\geq C-O-$ existant dans les alcools est accompagné de la rupture de deux valences et par suite d'une absorption d'énergie de 88000^{cal}. Dans tous les cas nous avons trouvé des chiffres voisins de $0^{\mu},19$, correspondant à la limite du rayonnement des lampes usuelles, et d'accord avec ceux observés directement par MM. Berthelot et Gaudechon, λ voisin de $0^{\mu},20$.

PHOTOCHIMIE. — *Expériences sur l'inversion photographique.* Note [3] de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que lorsqu'on fait agir successivement sur une plaque photographique une radiation lumineuse de fréquence convenable, puis un révélateur et un fixateur, les régions qui ont subi l'action de la lumière sont en général d'autant plus opaques qu'elles ont été soumises à une action plus intense ou plus prolongée du rayonnement. Nous dirons qu'il y a inversion quand une région qui a reçu une plus grande quantité d'énergie lumineuse qu'une autre est moins opaque que celle-ci, après développement et fixage, au lieu de l'être davantage. La première indication de ces phénomènes paraît remonter à Herschell (1839) et leur première étude à E. Becquerel (1868). Une telle inversion peut être obtenue :

---

(1) *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, 4, 1905, p. 463.

(2) *Ber.*, 53, 1920, p. 1519.

(3) Séance du 21 juin 1926.

1° Par une surexposition considérable (Abney, Schumann, Luppo Cramer, Hans Arens, etc.); ce phénomène est appelé solarisation;

2° Par action de certaines radiations rouges et infrarouges, sur une plaque préalablement voilée (Waterhouse, Abney, Millochau, Villard).

Les expériences décrites ici sont destinées à préciser les propriétés photographiques des radiations rouges et infrarouges, et les comparer à la solarisation. Elles ont été réalisées en impressionnant des plaques photographiques aussi sensibles que possible, mais ne renfermant aucun sensibilisateur (plaques Lumière à étiquette violette), avec l'image d'une portion du spectre continu du cratère positif de l'arc au charbon, donné par un spectrographe à optique de verre. Le repérage des longueurs d'onde a été fait par comparaison avec le spectre de l'arc au fer. L'étalonnage du spectrographe dans l'infrarouge a été réalisé en photographiant par inversion les raies les plus intenses de quelques métaux ($0^{\mu},813$ du Li; $0^{\mu},816$ du Na; $0^{\mu},715$ et $0^{\mu},854$ du Ca; $0^{\mu},876$ du Cs).

Enfin, les mesures de densités ont été faites à l'aide du microphotomètre de MM. Fabry et Buisson, et les courbes d'opacité tracées à l'aide du microphotomètre enregistreur de MM. Lambert et Challonge (¹).

1° *Distinction entre l'inversion et la solarisation.* — La région a (*fig.* 1) d'une plaque est voilée uniformément en lumière blanche, puis reçoit pendant une demi-heure l'image de la portion du spectre (de $0^{\mu},50$ à $0^{\mu},95$ environ) limitée par un écran coloré constitué par une solution d'acide

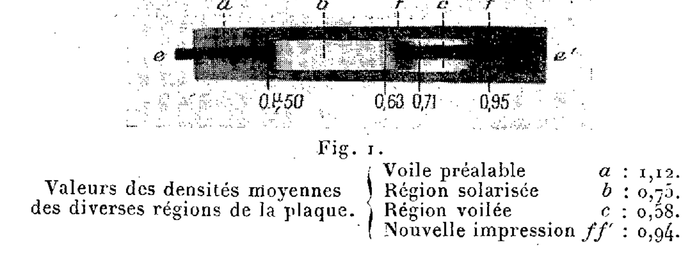


Fig. 1.

Valeurs des densités moyennes des diverses régions de la plaque.

Voile préalable	a	: 1,12.
Région solarisée	b	: 0,75.
Région voilée	c	: 0,58.
Nouvelle impression	ff'	: 0,94.

picrique; enfin on voile uniformément une bande étroite ee', parallèle au spectre et le recouvrant sur une portion de sa hauteur; les voiles réalisés en a et ee' sont obtenus avec la même source dans les mêmes conditions.

Après développement, on constate que le spectre a solarisé une région b (de $0^{\mu},50$ à $0^{\mu},63$) et inversé une région c (de $0^{\mu},71$ à $0^{\mu},95$), et que le second voile ee' a réimpressionné la région c suivant ff' sans modifier la région b. *Une plaque voilée, inversée par des radiations de longueur d'onde*

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

supérieure à $0^{\mu},71$, *est redevenue sensible à la lumière blanche, tandis que la même plaque, solarisée, ne l'est plus.*

La mesure des densités moyennes des différentes régions de la plaque précédente (voir légende de la figure 1) montre *que la régénération* (*c*) *n'est que partielle, et que la sensibilité restituée est moindre que la sensibilité initiale* (la densité en ff' est moindre que la densité en a).

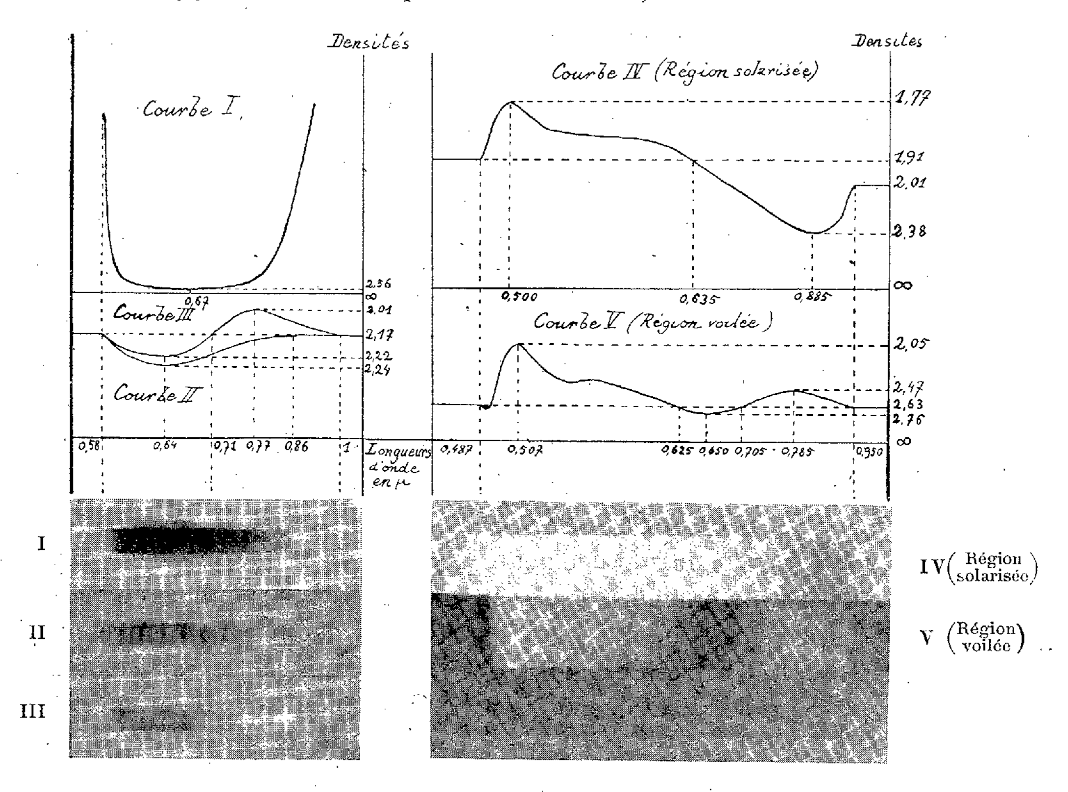


Fig. 2. Fig. 3.

2° *Action de la lumière infrarouge sur une plaque vierge.* — Les conditions dans lesquelles cette expérience et la suivante sont réalisées diffèrent des précédentes en ce que l'acide picrique servant d'écran coloré a été remplacé par un bon verre rouge à l'oxyde cuivreux; cette précaution est indispensable pour éviter un voile parasite par les radiations de courte longueur d'onde. Les limites du spectre sont alors $0^{\mu},58$ et 1^{μ}. On constate que les radiations qui inversent une plaque voilée impressionnent une plaque vierge, pourvu que le temps de pose soit suffisant (une demi-heure).

3° *Interversion du voile et de l'impression.* — Si l'on voile une plaque photographique après l'avoir soumise à l'action de la portion du spectre qui vient d'être définie, on n'observe pas d'inversion. La figure 2 et les

courbes d'opacité qui l'accompagnent permettent de comparer les clichés obtenus dans les deux expériences qui précèdent (I et II) au cliché inversé obtenu avec le même spectre photographié pendant le même temps de pose (une demi-heure) *après* avoir voilé la plaque (III). On remarquera que la densité maximum du cliché I (2,56) est notablement supérieure à la densité maximum des deux autres (2,22 et 2,24).

4° *Action de la lumière infrarouge sur une plaque solarisée.* — Si l'on reçoit le spectre limité par la cuve à acide picrique, sur une portion de plaque photographique qui chevauche sur une région préalablement voilée et une région préalablement solarisée, on constate que l'extrémité infrarouge du spectre, qui inverse la région voilée, impressionne la région solarisée. Vers les courtes longueurs d'onde, au contraire, la solarisation préalable est augmentée. La figure 3 reproduit les deux parties (IV et V) du cliché obtenu et les courbes d'opacité correspondantes.

PHOTOCHIMIE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur d'aldéhyde formique. Nouveau type de spectre des molécules en* Y. Note de MM. **Victor Henri** et **Sv. A. Schoú**, présentée par M. Jean Perrin.

La quantification des mouvements de rotation d'une molécule asymétrique ayant trois moments d'inertie inégaux J, K, L ne peut pas être résolue mathématiquement. Lorsque deux des moments sont égaux entre eux, le problème peut être résolu, ainsi que l'ont montré Sommerfeld, Born Reiche ; l'énergie de la molécule, dont deux moments sont égaux, est égale à $W = \frac{h^2}{8\pi^2}\left[\frac{q^2}{K_0} + m^2\left(\frac{1}{J_0} - \frac{1}{K_0}\right)\right]$. Le spectre de rotation de ces molécules se compose d'une double série de raies fines dont la loi de distribution est déterminée par la formule générale suivante :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{W_{m',q'} - W_{m,q}}{h} + \nu_0.$$

Dans cette formule m et q sont des séries de nombres entiers. En maintenant q constant on obtient trois suites paraboliques R(m), P(m) et Q(m) :

$$m - \frac{1}{2} \to m + \frac{1}{2}, \quad R(m) = \nu_0 + m(c_0 + c_1) + m^2.c_2; \qquad c_0 = \frac{h}{8\pi^2}\left(\frac{1}{J_0} - \frac{1}{K_0}\right),$$

$$m + \frac{1}{2} \to m - \frac{1}{2}, \quad P(m) = \nu_0 - m(c_0 + c_1) + m^2.c^2; \qquad c_1 = \frac{h}{8\pi^2}\left(\frac{1}{J_1} - \frac{1}{K_0}\right),$$

$$m + \frac{1}{2} \to m + \frac{1}{2}, \quad Q(m) = \nu_0 + m.c_2 + m^2.c_2; \qquad c_2 = c_1 - c_0.$$

Pour chaque valeur de m on aura des suites paraboliques $R(q)$, $P(q)$ et $Q(q)$ avec des coefficients σ_0 et σ_1 dont les valeurs permettent de calculer le moment d'inertie K_0 :

$$\sigma_0 = \frac{h}{8\pi_2}\frac{1}{K_0}, \qquad \sigma_1 = \frac{h}{8\pi_2}\frac{1}{K_1}, \qquad \sigma_2 = \sigma_1 - \sigma_0.$$

Il n'existe pas d'exemples dans lesquels on ait observé un spectre avec une distribution des raies correspondant aux formules précédentes. Nous avons trouvé que le spectre d'absorption de la vapeur d'aldéhyde $\overset{\mathrm{H}\ \mathrm{H}}{\underset{\mathrm{O}}{\mathrm{C}}}$ se compose d'un grand nombre de bandes, dont chacune a une structure fine très complexe ; l'analyse de cette structure a montré qu'elle correspond très exactement aux formules de quantification des molécules symétriques ayant deux moments d'inertie différents.

Le spectre se compose d'une part de deux groupes de trois paraboles $R(m)$, $P(m)$, $Q(m)$ et $R'(m)$, $P'(m)$, $Q'(m)$:

$$\left.\begin{matrix} R(m) \\ P(m) \end{matrix}\right\} = 29465{,}1 \pm 35m - 2m^2, \qquad Q(m) = 29465{,}1 - 2m - 2m^2.$$

$$\left.\begin{matrix} R'(m) \\ P'(m) \end{matrix}\right\} = 29422{,}0 \pm 35{,}5m - 1{,}5m^2, \qquad Q'(m) = 29422{,}0 - 1{,}5m - 1{,}5m^2.$$

Ceci donne

$$c_0 = 18{,}5, \qquad c_1 = 16{,}5; \qquad c'_0 = 18{,}5, \qquad c'_1 = 17{,}0.$$

D'autre part, à partir de chaque raie de ces suites partent des suites de raies très rapprochées qui correspondent au moment d'inertie K_0.

La concordance entre les valeurs calculées et observées est très bonne, ainsi que le montre le tableau suivant :

	Calculés.	Observés.		Calculés.	Observés.		Calculés.	Observés.
R(1)...	29498,1	29496,5	P(1)...	29428,1	29427,8	Q(0)...	29465,1	29465,1
R(2)...	527,1	527,6	P(2)...	387,1	388,2	Q(1)...	461,1	461,6
R(3)...	552,1	551,6	P(3)...	342,1	342,6	Q(2)...	453,1	455,1
R(4)...	573,1	573,2				Q(3)...	441,1	439,8
R(5)...	590,1	589,6				Q(4)...	425,1	424,3
R(6)...	603,1	603,6				Q(5)...	405,1	405,8
						Q(6)...	381,1	381,0
						Q(7)...	353,1	353,5
R'(1)...	29456,0	29455,1	P'(1)...	29385,0	29384,6	Q'(1)...	29419,0	29418,0
R'(2)...	487,0	486,6	P'(2)...	345,0	345,3	Q'(2)...	413,0	412,9
R'(3)...	515,0	515,7	P'(3)...	302,0	302,6	Q'(3)...	404,0	403,0
R'(4)...	540,0	539,4				Q'(4)...	392,0	394,3
R'(5)...	562,0	562,3				Q'(5)...	377,0	378,4
R'(6)...	581,0	582,6				Q'(6)...	359,0	359,8
R'(7)...	597,0	596,8				Q'(7)...	338,0	338,4

Pour les suites de raies très rapprochées, la valeur du coefficient de V est égale à 2,4 cm^{-1}.

On déduit de ces résultats pour les deux moments d'inertie les valeurs $\mathfrak{J}_0 = 1,41.10^{-40}$, $\mathfrak{J}_1 = 1,56.10^{-40}$, $\mathfrak{J}'_1 = 1,51.10^{-40}$.

$K_0 = 23.10^{-40}$. On peut admettre que le premier moment d'inertie correspond à la rotation de la molécule autour de l'axe qui passe par les atomes de carbone et d'oxygène, le deuxième moment correspond à la rotation autour d'un axe perpendiculaire. Dans cette molécule les deux moments K et L sont très voisins l'un de l'autre, ce qui correspond bien au cas de quantification théorique.

Les valeurs des deux moments J_0 et K_0 permettent de calculer les distances des atomes dans la molécule. On trouve que la distance entre les deux H est égale à 1,3 Å et entre C et O à 0,9 Å. Rappelons que dans la molécule d'eau la distance entre les H est 1,64 Å, et dans CO la distance C — O est égale à 1,02 Å.

Ce type de spectre appartient aux molécules en Y, telles que le phosgène, le thiophosgène, l'acétone, etc.

RADIOACTIVITÉ. — *Influence des écrans métalliques sur la forme des courbes d'ionisation des rayons alpha*. Note [1] de M. Consigny, présentée par M. J. Perrin.

De leurs premiers travaux sur les courbes d'ionisation, Bragg et Kleeman [1] avaient conclu que l'effet d'un écran métallique était de transporter la courbe parallèlement à l'axe des distances. Mais on s'aperçut bien vite qu'en réalité la courbe était légèrement déformée. La distance entre le maximum et l'extrémité du parcours est plus grande quand les rayons alpha ont été ralentis par un écran que quand ils ne l'ont pas été.

Bianu a repris la question avec plus de précision [2]. Il a trouvé que la distance entre le maximum et l'extrémité du parcours est une fonction croissante et linéaire de l'épaisseur de métal traversée; à épaisseur égale elle croît avec le poids atomique du métal.

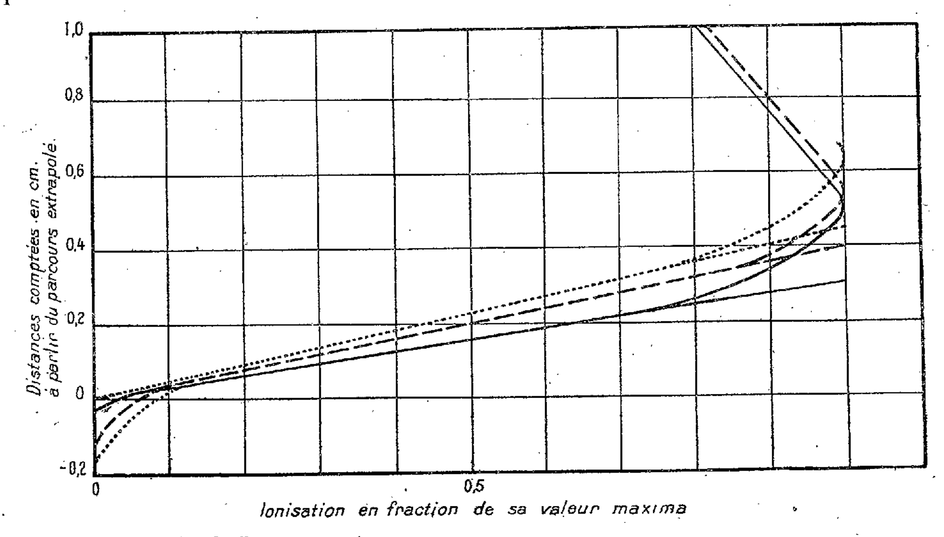
Bianu appelait parcours la distance limite à laquelle l'ionisation pouvait être observée. Il suivait en cela l'exemple de ses prédécesseurs. Depuis,

---

(1) Séance du 14 juin 1926.

(2) Bragg et Kleemann, *Phil. Mag.*, 10, 1905, p. 318.

Henderson (¹) a donné une nouvelle définition du parcours plus précise que l'ancienne. Il prolonge la partie rectiligne de la descente jusqu'à l'axe des distances et obtient ainsi le *parcours extrapolé*. Je me suis proposé de rechercher ce que devenaient cette droite, le parcours extrapolé et la queue d'ionisation quand on ralentit les rayons alpha par un écran métallique.



——— Courbe de Bragg sans écran.
- - - - Courbe de Bragg avec un écran d'argent de densité superficielle 5,12 mg/cm².
········ Courbe de Bragg avec un écran d'argent de densité superficielle 9,39 mg/cm² composé de deux feuilles.

La figure ci-dessus montre les courbes obtenues avec un écran d'argent. Pour chaque courbe les distances en centimètres ont été comptées à partir du parcours extrapolé et l'ionisation a été prise comme fraction de sa valeur maximum. On y voit que les courbes sont nettement déformées. Si l'on fait coïncider les parcours extrapolés, on voit que, plus on emploie de feuilles pour constituer l'écran, plus la queue d'ionisation s'allonge, plus la droite d'extrapolation s'incline, plus le maximum s'écarte du parcours extrapolé. Les autres métaux ont produit des différences moins accentuées, mais dans le même sens. Malgré son grand poids atomique, l'or a produit une déformation notablement plus petite.

Mais ces déformations semblent plutôt dépendre du nombre des feuilles dont se compose l'écran que de l'épaisseur de métal traversée. Deux écrans d'aluminium de densité superficielle 1,78 et 3,49 mg/cm², composés chacun

(¹) Bianu, *Le Radium*, **10**, 1913, p. 122.

d'une seule feuille, ont donné des courbes qui coïncident presque parfaitement entre elles. Par contre un autre écran de densité 4,18 mg/cm², composé de deux feuilles, a donné une courbe notablement différente des deux précédentes. D'ailleurs ces déformations n'ont pas l'air non plus d'être proportionnelles au nombre de feuilles dont sont composés les écrans. Sur la figure, les différences entre les deux dernières courbes ne sont pas égales à celles qui existent entre les deux premières. Je ne retrouve pas la loi de proportionnalité de Bianu (*loc. cit.*). Je ne retrouve pas non plus l'augmentation systématique des déformations avec le poids atomique. A nombre de feuilles égal, les queues d'ionisations paraissent égales et l'or produit une déformation non seulement moindre que l'argent, mais même moindre que l'aluminium.

Il semble naturel de penser que ces déformations de la courbe de Bragg sont dues au fait que l'écran métallique n'a pas diminué la vitesse de tous les rayons alpha d'une quantité égale. Cette inégalité de vitesse se traduit par une inégalité de parcours. J'ai essayé de représenter ces phénomènes en supposant que la loi de distribution de parcours est une loi de probabilité de la forme suivante :

$$n = \frac{N}{C\sqrt{\pi}} e^{-\frac{r^2}{c^2}},$$

où N est le nombre total des particules, n le nombre de celles qui ont un parcours inférieur de r au parcours moyen. J'ai admis en outre que la courbe d'ionisation le long du trajet d'une particule alpha était la courbe expérimentale, sauf pour l'extrémité que je remplace par la droite d'extrapolation. Je prends pour parcours moyen le parcours extrapolé. Dans ces conditions je suis parvenu à représenter d'une façon satisfaisante la courbe relative à l'écran d'or en prenant pour c la valeur 0,08. Pour les autres métaux il faut faire des hypothèses plus compliquées et admettre sans doute une loi de distribution analogue à celle que M^lle^ Curie a trouvée au moyen de l'appareil de Wilson (*loc. cit.*).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions chimiques et titrages volumétriques en lumière de Wood.* Note de MM. **R. Mellet** et **M.-A. Bischoff.**

Poursuivant l'étude décrite dans une Note précédente [1], nous nous sommes proposé d'observer sous les rayons ultraviolets filtrés diverses

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 868.

réactions chimiques en solution et avons constaté qu'il est possible de suivre en lumière de Wood de nombreuses transformations invisibles en lumière blanche. L'étude d'un certain nombre de transformations s'accompagnant d'une modification quelconque de la fluorescence du liquide examiné nous a permis de grouper les réactions de la manière suivante, au point de vue de leur aspect en ultraviolet :

1. Transformation de substances non fluorescentes en substances fluorescentes, ou inversement.

2. Transformation de substances dont la solution présente une fluorescence déterminée en d'autres corps dont la solution présente une fluorescence d'intensité ou de teinte différente.

3. Transformation de substances non fluorescentes en présence d'une faible quantité d'une autre substance, dont la fluorescence est modifiée par la première réaction.

4. Obnubilation ou extinction de la fluorescence d'une solution par formation d'un corps opaque aux rayons ultraviolets (précipité ou ion soluble).

Dans le but d'appliquer ces observations à l'analyse volumétrique, nous avons entrepris l'étude de plusieurs méthodes de titrage, basées sur des réactions empruntées aux quatre groupes ci-dessus. L'une de ces méthodes, se rattachant au groupe 3, a pour but le titrage des acides et des bases en présence d'une substance à fluorescence variable (base faible ou acide faible) comme indicateur. Parmi les substances douées de cette propriété, la quinine nous a donné jusqu'ici les meilleurs résultats pour le titrage de la plupart des acides forts et des bases fortes, ainsi que pour le titrage de certains acides faibles.

Les solutions basiques de quinine, observées en lumière de Wood, ne sont pas fluorescentes. On connaît par contre depuis fort longtemps la fluorescence des solutions des sels de cet alcaloïde. Lorsqu'on neutralise, en lumière ultraviolette, une solution acide par une solution basique, en présence d'une trace de quinine, le liquide vire à l'extinction. Dans l'opération inverse, la solution vire au lumineux.

Nous avons déterminé tout d'abord, au moyen de l'échelle de Salm [1], la sensibilité du nouvel indicateur. Cette détermination nous a donné les résultats suivants :

---

[1] *Zeitschrift f. phys. Chem.*, 57, 1907, p. 479.

a. Fluorescence faible pour solutions norm. et 10^{-1} norm. H,
b. Fluorescence éclatante pour solutions 10^{-2} à 10^{-5} norm. H,
c. Fluorescence décroissante pour solutions 10^{-6} à 10^{9} norm. H,
d. Fluorescence nulle pour solutions 10^{-10} norm. H et inférieures.

La quinine peut donc présenter, comme indicateur fluorescent, trois virages dans chaque sens :

1° Virage net du lumineux faible au lumineux éclatant ou inversement, en solution fortement acide (concentration 10^{-1}-10^{-2} norm. H);

2° Virage moins net de l'éclatant au lumineux ou inversement, correspondant approximativement au virage du méthylorange (concentration 10^{-5}-10^{-6} norm. H;

3° Virage net du lumineux à l'extinction ou inversement, correspondant au virage de la phénolphtaléine (concentration 10^{-9}-10^{-10} norm. H),

Nous avons constaté en outre que l'intensité de la fluorescence ne dépend pas seulement de la concentration en ions hydrogène, mais dépend aussi parfois d'une action spécifique de l'acide en présence duquel se trouve la quinine. L'acide sulfurique par exemple ne produit pas le premier virage et se comporte donc en cela comme un acide faible; l'acide salicylique, au contraire, provoque ce premier virage et se comporte par conséquent comme un acide fort.

Les titrages que nous avons effectués dans les conditions où se produisent le deuxième et le troisième virages ont confirmé les résultats donnés par l'échelle de Salm. Le titrage de HCl, H^2SO^4 et $H^2C^2O^4$ par NaOH norm. ou $\frac{N}{10}$ est rigoureux, de même que le titrage de NaOH par HCl norm. ou $\frac{N}{10}$ (virage 3). Le titrage de NH^4OH, par contre, ne semble pas possible. Le titrage de H^3PO^4 par NaOH correspond approximativement, au moment du virage 2, au titrage de cet acide avec le méthylorange en lumière blanche (premier H de H^3PO^4); au moment du virage 3, il correspond exactement au titrage de cet acide avec la phénolphtaléine en lumière blanche (second H de H^3PO^4). On peut donc suivre, en lumière de Wood, la neutralisation successive des deux premiers H de l'acide phosphorique au moyen du même indicateur fluorescent et en une seule opération; il est bon d'opérer en présence de deux témoins, l'un éclatant (contenant un excès d'acide), pour apprécier par contraste le virage correspondant à la neutralisation approximative du premier H, l'autre éteint (contenant un excès d'alcali), pour percevoir plus aisément par comparaison le virage correspondant à la neutralisation exacte du second H.

Enfin, la fluorescence étant pratiquement, en solution pas trop étendue, un

phénomène de surface, les titrages d'acides ou de bases en lumière de Wood, à l'aide de la quinine comme indicateur, peuvent être appliqués à certaines solutions troubles, boueuses ou fortement colorées, dont le titrage en lumière blanche, à l'aide des indicateurs usuels, est très difficile ou même impossible.

Au point de vue pratique, les réactions s'effectuent le plus commodément dans les capsules de porcelaine, les solutions titrées peuvent être débitées sous l'écran de Wood au moyen de burettes inclinées ou coudées, la concentration de l'indicateur la plus favorable au titrage est de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{10000}$ du volume mis en œuvre. On peut se servir par exemple soit d'une solution aqueuse saturée de chlorhydrate de quinine, soit d'une solution alcoolique de la base, dont on ajoute quelques gouttes au liquide à titrer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrométrique des formes allotropiques du sulfure mercurique*. Note de M. **M. Bourgeaud**, présentée par M. G. Urbain.

Le nombre des formes allotropiques du sulfure mercurique, longtemps discuté, a été fixé à deux sans ambiguïté par N. H. Kolkmeyer et J. M. Bijvoët [1]: une forme rouge stable et une forme noire instable. On passe du sulfure noir au sulfure rouge, en le traitant par les polysulfures de K, Na ou Am. Les deux formes sont solubles dans les sulfures de K et de Na en donnant les mêmes complexes HgS^2K^2 et HgS^2Na^2; le rapport de leurs solubilités varie de 1,09 à 1,29 pour une concentration moléculaire en Na^2S variant de 1 à 0,1; la forme noire instable est la plus soluble.

Cette solubilité rend impossible l'étude électrométrique des deux formes dans un tel milieu. Il n'en est pas de même lorsqu'on emploie comme solvant Am^2S, dans lequel HgS est pratiquement insoluble. Pour étudier cette transformation dans des conditions variées de température et de concentration, nous avons réalisé la pile :

Hg ⋮ Hg^2Cl^2 solide, KCl saturé ⋮ gelée d'agar-agar saturée de KCl ⋮ Am^2Sx HgS ⋮ Hg.

Avec du sulfure rouge et une solution moléculaire de Am^2S, la force

[1] *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 43, 1924, p. 677 et 894.

électromotrice est 0,7934 volt à 18°; la pile ainsi formée est réversible et impolarisable quand elle débite peu; avec du sulfure noir, quel que soit son mode de préparation, la force électromotrice est à 18° de 0,6098 volt au début; elle croît avec le temps, en même temps que le sulfure noir se transforme en sulfure rouge, pour se fixer à 0,7934 volt. La durée de cette transformation dépend de la température et de la concentration.

La courbe force électromotrice-temps est extrêmement régulière et permet de suivre avec précision la transformation à 18°, et pour des concentrations variables en Am^2S, on a les résultats suivants :

Concentration en Am^2S.	Force électromotrice initiale de la pile.	Force électromotrice initiale de l'électrode à ions S.	Force électromotrice finale de la pile.	Force électromotrice finale de l'électrode à ions S.	Variation.	Durée de la transformation.
	volt	volt	volt	volt	volt	h m
2,543 M......	0,7186	0,4680	0,8535	0,6029	0,1349	1.05
2 M......	0,6346	0,3840	0,8145	0,5639	0,1799	9.25
1,825 M......	0,6304	0,3798	0,8112	0,5606	0,1808	21.30
1 M......	0,6098	0,3592	0,7934	0,5428	0,1836	63

Une seconde série d'expériences faites à 25° a donné des résultats concordants, et des nombres un peu supérieurs aux précédents.

Les forces électromotrices obtenues sont importantes; elles décroissent quand la concentration en Am^2S décroît.

La théorie de Nernst est incapable d'expliquer le phénomène; elle conduit notamment pour $[Am^2S] = 2M$ à un rapport de solubilité entre la forme noire et la forme rouge égal à 1700000. Les recherches, délicates, faites gravimétriquement ont montré que ce rapport est de l'ordre de l'unité.

Pour voir si mes mesures donnaient le rapport des activités et non celui des concentrations, j'ai opéré en présence de fortes quantités de sel neutre. Les résultats se classent bien par rapport aux précédents; la théorie de l'activité ne permet pas de les interpréter.

Afin de montrer que l'origine de la variation très grande de la force électromotrice ne réside pas dans la dissymétrie de la pile, j'ai réalisé la pile symétrique suivante :

Hg ⋮ HgS noir, Am^2S X ⋮ gelée d'agar-agar saturée de KCl ⋮ Am^2S X, HgS rouge ⋮ Hg

Pour les mêmes concentrations, on obtient des forces électromotrices égales aux nombres de la colonne 6 du tableau précédent.

Avec ce genre de pile, j'ai étudié l'influence d'un excès d'hydrogène sulfuré par rapport à l'ammoniaque.

Voici les résultats :

Concentration en H^2S.	Concentration en Am OH.	$\frac{C_{H^2S}}{C_{AmOH}}$	Force électromotrice initiale. (volt)	Force électromotrice finale. (volt)	Durée de la transformation. (h m)
2,823 M	2,937 M	1,922	0,1879	0	1.15
1,411	1,468	»	0,1860	»	4.42
0,706	0,734	»	0,1815	»	50
2,125	2,78	1,528	0,1913	»	2.33
1,0625	1,39	»	0,1927	»	19
0,531	0,695	»	0,1957	»	480

Ils mettent en relief l'influence marquée de l'acidité du milieu et de la concentration.

Les courbes force électromotrice-temps sont très régulières et comprennent 3 parties distinctes : une médiane rectililigne, raccordée à deux branches d'exponentielle.

La transformation du sulfure noir en sulfure rouge peut s'interpréter de la façon suivante. Au début, la solution est saturée en sulfure noir qui est la forme la plus soluble; elle est saturée en sulfure rouge. Cet état de faux équilibre cesse, et il se précipite un certain nombre de germes de sulfure rouge; ceux-ci, indépendamment de ceux qui continuent à se former agissent comme centres de cristallisation, et la quantité de sulfure rouge précipité va en croissant (exponentielle à l'origine), jusqu'à ce que l'on atteigne un équilibre entre le sulfure rouge qui se précipite et le sulfure noir qui se dissout (partie rectiligne de la courbe).

La troisième partie de la courbe correspond à la dissolution des dernières portions de sulfure noir.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques applications de la méthode spectrographique à l'étude des complexes en solution.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

1° *Trihalogénures de potassium en solution alcoolique.* — J'ai étudié précédemment [1], par la méthode spectrographique, la formation de différents trihalogénures de potassium en solution dans l'eau. Les mélanges d'iode et d'iodure de potassium dissous dans l'alcool à 95 présentent un spectre d'absorption ultraviolet très analogue à celui de leur solution aqueuse.

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 632.

Cependant, si l'on est parti de solutions équimoléculaires en I^2 et IK, le mélange maximum ne correspond à aucune formule simple, et sa composition varie avec la concentration commune des deux solutions. La proportion d'iodure, toujours inférieure à 50 pour 100, diminue quand la dilution augmente, et paraît tendre vers 25 pour 100.

Ces faits semblent indiquer, qu'en solution alcoolique, l'iodure de potassium est à l'état de molécules triples [1]. Dès lors, si l'on part de solutions équimoléculaires en I^2 et $(IK)^3$, la composition maximum doit être indépendante de la concentration, et correspondre à 25 de solution d'iodure, pour 75 de solution d'iode. C'est ce que l'expérience vérifie. Mais la formation du triodure peut s'écrire, soit

$$3I^2 + (IK)^3 = (I^3K)^3, \qquad \text{soit} \qquad 3I^2 + (IK)^3 = 3I^3K.$$

Pour décider entre ces deux hypothèses, il suffit d'étudier les mélanges de solutions non équimoléculaires des deux constituants. La mesure des compositions maxima permet de calculer les constantes d'équilibre correspondant à ces deux réactions [2]. Seule, la seconde garde la même valeur, quand on fait varier les concentrations des solutions simples.

Tout se passe donc comme si, en solution alcoolique, l'iodure de potassium était à l'état de molécules triples et se combinait à l'iode pour donner le complexe I^3K. La constante d'équilibre de la réaction correspondante

$$K = \frac{C_{I^2}^3 \times C_{(IK)^3}}{C_{I^3K}},$$

étant à 14° d'environ 3×10^{-5}.

Les mélanges alcooliques d'iode et de bromure de potassium ne présentent pas les mêmes particularités. La forte dissociation du complexe et la faible solubilité du bromure de potassium ne permettent d'ailleurs pas d'étudier les mélanges équimoléculaires; mais la recherche de la composition maximum des mélanges non équimoléculaires montre que le sel I^2BrK se forme par le même mécanisme que dans l'eau, la constante d'équilibre

$$K = \frac{C_{I^2} \times C_{BrK}}{C_{I^2BrK}}$$

étant, à 15°, voisine de 1×10^{-3}.

2° *Mercurichlorure de potassium en solution aqueuse.* — Dans un travail antérieur [3], j'ai montré que l'étude des solutions équimoléculaires de

---

(1) Il est facile de s'en rendre compte, en discutant les formules que j'ai indiquées (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 298).

(2) Les calculs sont les mêmes que ceux que j'ai déjà exposés (*loc. cit.*).

(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1932.

chlorure mercurique et de chlorure de potassium ne permet pas (¹) de fixer la formule du complexe chloromercurique prenant naissance par leur mélange. Mais en employant des solutions de chlorure de potassium de 5 à 100 fois plus concentrées que celles du chlorure mercurique, on peut déterminer les valeurs des compositions maxima, et calculer les constantes d'équilibre correspondant à la formation des divers complexes possibles. On n'obtient des résultats concordants que pour le trichlorure $HgCl^3K$: c'est donc ce complexe qui se forme. et la constante d'équilibre

$$K = \frac{C_{HgCl^2} \times C_{KCl}}{C_{HgCl^3K}}$$

est égale, à 16°, à environ 2×10^{-1}.

3° *Cadmibromure de potassium en solution aqueuse.* — On peut étudier la formation de ce complexe, à partir des solutions de sulfate de cadmium et de bromure de potassium, d'une manière analogue à celle que j'ai employée dans le cas de l'iodure (²). Mais la moindre stabilité du complexe bromé exige l'emploi de solutions beaucoup plus concentrées (³). On peut ainsi démontrer la formation du complexe $CdBr^4K^2$, selon la réaction

$$SO^4Cd + 4KBr = SO^4K^2 + CdBr^4K^2,$$

la constante d'équilibre $K = \frac{C_{SO^4Cd} \times C^4_{KBr}}{C_{SO^4K^2} \times C_{CdBr^4K^2}}$ étant, au voisinage de 15°, égale à environ 2,8 (⁴).

CHIMIE PHYSIQUE. — *La polarisation d'un milieu et sa structure moléculaire. Moments électriques des dérivés dihalogénés du benzène.* Note de M. J. **Errera**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré dans des travaux antérieurs que les isomères éthyléniques dihalogénés *cis* ont un moment électrique tandis que les isomères *trans* sont électriquement neutres. On sait que pour un grand nombre de propriétés physico-chimiques l'isomère *cis* est comparable à l'isomère *ortho* du benzène, tandis que le *trans* ressemble au *para*. Nous avons été ainsi

(¹) Tout au moins par la méthode spectrographique.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1108.
(³) De 0,2 à $3^{mol},5$ par litre.
(⁴) Toutes ces constantes peuvent être considérées comme exactes à moins de 10 pour 100 près.

amenés à mesurer la polarisation électrique des dérivés dihalogénés du benzène. Le pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) a été mesuré pour les corps purs à l'état solide et liquide et ensuite en solution diluée dans le benzène (Debye). La polarisation totale d'un milieu (P_∞) est, en première approximation, égale à la somme de la polarisation des différents éléments constitutifs : polarisation électronique (P_E), polarisation atomique (P_A) et lorsqu'il y a des dipoles permanents, polarisation moléculaire (P_p). La valeur de P_∞ est déduite des mesures en solutions diluées. La somme

$$P_E + P_A = P.\ \text{sol.}$$

est calculée à partir de la valeur du p. i. s. propre du solide; on déduit par différence P_p. Introduites dans la formule de Debye (P_∞ correspondant à P_0 et P. sol. au terme b), ces valeurs permettent de calculer le moment électrique de la molécule p. Le rapport $\frac{P_\infty - P}{P_\infty}$ est une mesure de l'état relatif d'association des dipoles en solution diluée et dans le liquide pur.

Corps.	P_∞.	P.	$\frac{P_\infty - P}{P_\infty}$.	P_{sol}.	P_E (¹).	P_A.	P_p.	$\eta.10^{-18}$.
$C^6H^4Cl^2$ *o*....	124	84,07	0,32	40,2	34,4	5,8	83,8	2
» *m*...	70	64,2	0,08	39	34,6	4,4	31	1,21
» *p*....	38,2	38,2	0	38	34,8	3,4	0	0
$C^6H^4Br^2$ *o*....	95	82,2	0,13	46,3	//	//	48,7	1,52
» *p*....	43,56	43,56	0	//	//	//	//	//
$C^6H^4J^2$ *o*....	86,7	79,26	0,08	49,9	//	//	36,8	1,32
» *m*...	//	69,4	//	47,8	//	//	//	1,01

Il résulte du tableau précédent contenant les résultats expérimentaux et des travaux antérieurs que : 1° les moments électriques vont en décroissant des dérivés chlorés aux dérivés bromés et aux dérivés iodés, ce qui correspond au caractère de moins en moins électronégatif des halogènes; 2° l'isomère *ortho* a le moment le plus élevé, le *méta* a un moment plus faible et le *para* n'a pas de moment; il y a donc parallélisme entre le *cis* et l'*ortho* d'une part, le *trans* et le *para* d'autre part; 3° le moment des éthyléniques est inférieur à celui des benzéniques; 4° le degré d'association dans le liquide pur est très grand pour l'*ortho*, plus faible pour le *méta* et nul pour le *para*; 5° les degrés d'association sont plus grands dans les éthyléniques *cis* (45 pour 100 pour $C^2H^2Cl^2$, 22 pour 100 pour $C^2H^2Br^2$) que pour les dérivés *ortho* correspondants; 6° le rapport du moment de l'*ortho*

(¹) Calculé d'après les mesures de J. Kalff, *Thèse*, *Amsterdam*, 1924.

au *méta* est différent pour les dichloro (1,65) et les diiodobenzènes (1,31), ce qui indique une déformation du noyau benzénique d'autant plus forte que le poids atomique des substituants est plus élevé; 7° l'absence de moment des dérivés *para* est en contradiction avec la théorie polaire du benzène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire des corps organiques en fonction du* pH : *la glucosamine.* Note de M. **Edmond Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

Il est aujourd'hui établi que les corps actifs dissociables, acides, bases et ampholytes, subissent des variations de rotation en fonction du pH. Ces variations peuvent être calculées avec une très bonne approximation en considérant le pouvoir rotatoire des solutions comme la somme des rotations des ions et de la molécule non dissociée. C'est ainsi qu'on obtient pour l'acide tartrique [1] et pour la pilocarpine [2] des courbes de rotation en S, analogues à des courbes de neutralisation, et dont la pente rapide encadre les constantes de dissociation du corps actif. L'examen d'ampholytes (asparagine, acide aspartique) [2] donne des courbes dans lesquelles il y a deux parties en S correspondant aux deux fonctions de l'ampholyte.

Nous nous sommes proposé d'examiner si d'autres fonctions chimiques pouvaient subir des variations analogues sous la répercussion du pH. A cet effet, nous avons étudié le glucose. Le glucose, généralement considéré comme ampholyte, a une birotation qui est considérablement accélérée aux extrémités de l'échelle des pH (Nelson, Kuhn, Jacob). *Mais la valeur finale de son évolution reste sensiblement la même quel que soit le* pH. Il faut remarquer qu'il n'existe dans sa molécule ni de fonctions acides ni de fonctions basiques parfaitement définies permettant d'expliquer son caractère amphotère; nous nous sommes demandé si l'introduction d'une de ces deux fonctions dans sa molécule ne pouvait pas donner naissance à une variation semblable à celle que nous avons obtenue dans les cas mentionnés plus haut. Dans ce but, nous nous sommes adressé à la glucosamine qui a un groupe-

---

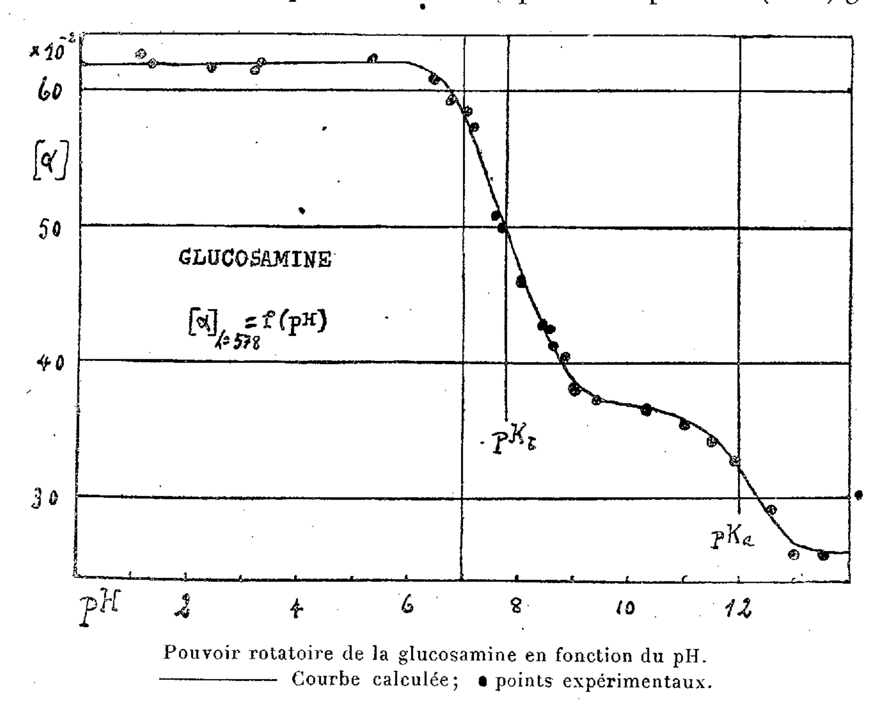
(1) F. Vlès et E. Vellinger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 742; *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 841; *Arch. Phys. biolog.*, 5, 1926, p. 36.

(2) E. Vellinger, *Arch. Phys. biol.*, 5, 1926, p. 42; M^lle^ Liquier, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1917.

ment aminé fonctionnant comme radical basique. Comme pour le glucose, la glucosamine en solution fraîche subit une évolution en fonction du temps, dont la vitesse est réglée par le pH. Pour établir la courbe $[\alpha] = f(\text{pH})$ nous avons pris les valeurs après évolution complète des solutions.

Les solutions à pH variable sont obtenues en ajoutant, soit au chlorhydrate, soit à la glucosamine pure, de la soude ou de l'acide chlorhydrique. Le pH est mesuré à l'électrode à hydrogène, et la rotation au polarimètre Yvon muni d'un monochromateur Bruhat.

Courbe $[\alpha] = f(\text{pH})$. — Dans ces conditions nous avons observé une courbe représentant deux parties en S entre pH = 6 et pH = 13 (voir *figure*).



Pouvoir rotatoire de la glucosamine en fonction du pH.
———— Courbe calculée; • points expérimentaux.

Par conséquent, cette courbe a une forme analogue à celles observées dans le cas d'ampholytes. Elle est très semblable comme aspect à la courbe obtenue par M^lle Liquier avec l'asparagine. Ce résultat est d'autant plus inattendu que la glucosamine n'a qu'un radical aminé comme fonction basique dans sa molécule.

Calcul de la courbe $[\alpha] = f(\text{pH})$. — L'allure de la courbe étant analogue à celle trouvée dans le cas d'ampholytes, nous avons tenté de la traiter par le calcul comme tel. Le calcul peut se faire à l'aide d'une formule pareille à

celle que nous avons utilisée pour l'acide spartique :

$$[\alpha]_t = \frac{[\alpha]_{a^-}}{1 + \frac{H}{K_a} + \frac{H^2}{K_a K'_b}} + \frac{[\alpha]_{c^+}}{1 + \frac{K'_b}{H} + \frac{K_a K'_b}{H^2}} + \frac{[\alpha]_r}{1 + \frac{K_a}{H} + \frac{H}{K'_b}},$$

$$[\alpha]_{a^-} = 26.10^{-2}, \quad [\alpha]_{c^+} = 62.10^{-2}, \quad [\alpha]_r = 37.10^{-2}.$$

Nous avons déterminé la constante K_b en mesurant le pH des solutions de glucosamine pure à différentes concentrations. La valeur moyenne ainsi obtenue est $pK'_b = 6{,}34$ [OH] ou $pK_b = 7{,}80$ [H]. Nous avons pris $pK_a = 12$, valeur voisine de celle donnée par un certain nombre d'auteurs pour la constante acide du glucose. La cataphorèse de la glucosamine à différent pH a démontré l'existence d'un point isoélectrique situé entre pH $= 8$ et pH $= 10$; le calcul de ce point avec les deux constantes a donné 9,9.

La figure montre que l'hypothèse précédente permet de rendre très bien compte des faits. On peut remarquer que le point d'inflexion des deux portions de courbe en S correspond sensiblement à la constante de dissociation de la fonction intéressée.

On peut donner dans une certaine mesure une explication des observations qui précèdent en admettant que l'introduction de la fonction aminée exalte, vraisemblablement, le caractère acide apparent de l'hydrogène fixé au carbone à côté des groupements OH.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la trempe des alliages d'imprimerie.* Note [1] de MM. **A. Travers** et **Houot**, présentée par M. Léon Guillet.

Dans un travail récent communiqué à l'*American Institute of Min. and Metall. Engin.*, MM. Dean Zicheick et Nix ont fait ressortir l'influence du temps après trempe sur les alliages Pb, Sb et Pb, Sn, Sb. M. Léon Guillet avait déjà signalé en 1922 [2] que les alliages binaires Pb, Sn étaient durcis par trempe à 175°, et que l'*augmentation de dureté variait avec la teneur en* Sn.

En faisant l'étude dilatométrique d'alliages monotypes et stéréotypes, nous avions retrouvé, il y a trois mois, l'influence du temps après trempe de ces alliages.

Si l'on étudie, avec l'analyseur thermique de M. Chevenard, un alliage

---

(1) Séance du 21 juin 1926.

(2) *Rev. Metall.*, 1922, 19, Mémoires, p. 166.

brut de coulée, on constate que le recuit qui accompagne l'expérience dilatométrique ([1]) entraîne une assez forte contraction.

La température de coulée (toutes autres conditions restant les mêmes) influe sur la valeur de la contraction. Une variation de 300° à 360°, par exemple, l'accroît de 20 pour 100.

Cette contraction diminue, quand l'alliage a été préalablement revenu. Ce revenu commence déjà à la température ordinaire, et n'est pas encore achevée au bout de six semaines. Il est au contraire complet par un chauffage de 24 heures au voisinage de 200°.

La contraction paraît être due *principalement* à l'étain; elle est la même pour des alliages ternaires de teneur constante en Sn, et renfermant des proportions variables des deux autres constituants. Elle croît avec la teneur en Sn, et l'on peut déduire de sa mesure un *procédé approximatif de dosage de l'étain*, ce qui est tout à fait d'accord avec les expériences de M. L. Guillet, relatives à l'accroissement de dureté de ces alliages.

Nous signalerons que les échantillons deviennent corrélativement plus cassants. La ligne des caractères ou les caractères qui, fraîchement coulés, ne peuvent être cassés à la main, se brisent facilement, quand l'alliage a plusieurs semaines d'existence.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du carbure de calcium dans la cyanamide calcique*. Note de MM. **G. Flusin** et **H. Giran**, présentée par M. Matignon.

La présence de quantités quelque peu notables de carbure de calcium dans la cyanamide calcique est une gêne et peut devenir un danger; il importe donc de pouvoir en déterminer exactement la teneur. Les méthodes basées sur la mesure du volume d'acétylène dégagé sont très incertaines et insuffisantes, surtout depuis que l'on fabrique des cyanamides à faible teneur en carbure. La méthode ci-dessous, que nous avons établie, permet de faire ce dosage avec précision.

Principe de la méthode. — La cyanamide calcique est traitée par l'eau bouillante. L'acétylène qui se dégage passe dans une dissolution d'azotate d'argent ammoniacal,

---

([1]) Le refroidissement de l'alliage doit se faire dans le four; par refroidissement à l'air, l'alliage subirait de nouveau une trempe partielle.

où il donne un précipité d'acétylure C^2Ag^2, mêlé de sulfure d'argent. L'ensemble de ces deux précipités est séparé, par filtration, du liquide dans lequel il a pris naissance et traité par de l'acide chlorhydrique qui, sans action sur le sulfure d'argent, transforme l'acétylure en chlorure d'argent avec dégagement d'acétylène. Le mélange de Ag^2S et de AgCl ainsi obtenu est traité par de l'ammoniaque qui dissout seulement le chlorure d'argent; dans cette dissolution, on dose l'argent au moyen d'une liqueur titrée de cyanure de potassium. Du poids d'argent, on déduit le poids correspondant de C^2H^2 et, par suite, celui de C^2Ca.

Application de la méthode. — L'appareil est constitué par un ballon de 250^{cm^3} suivi de quelques flacons laveurs, dans lesquels on verse de l'azotate d'argent ammoniacal. On met dans le ballon environ 10^g de la cyanamide à analyser et 75^{cm^3} d'eau et l'on produit une ébullition modérée pendant 10 minutes; on cesse ensuite de chauffer et l'on provoque, par aspiration, pendant environ 30 minutes, un lent courant d'air dans l'appareil, afin d'entraîner dans les laveurs tout l'acétylène produit. On recueille sur un filtre l'ensemble des précipités qui se sont formés dans les flacons laveurs, on le lave avec soin et on le dissout dans HCl moyennement concentré. Le résidu solide (AgCl et Ag^2S) est filtré, lavé, puis traité par l'ammoniaque qui ne dissout que AgCl. On filtre de nouveau et, dans la dissolution, on dose l'argent au moyen d'une solution de cyanure de potassium correspondant exactement, volume à volume, à une solution décinormale d'azotate d'argent, et en présence de quelques gouttes d'iodure de potassium comme indicateur (Procédé Denigès : voir *Ann. Ch. Phys.*, 7e série, **6**, 1895, p. 381).

Cette méthode donne des résultats qui diffèrent entre eux, au plus, de 0,05 à 0,07 pour 100. M. Cochet a établi un dispositif expérimental permettant de faire des dosages en série; cette méthode fournit des résultats tout à fait satisfaisants et ne donnant pas lieu aux contestations que l'on avait autrefois lorsqu'on se contentait de mesurer le volume d'acétylène dégagé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions magnésiennes à partir du propylène dibromé* 1.3. Note (1) de M. **A. Kirrmann**, présentée par M. Moureu.

Depuis que M. Lespieau (2) a indiqué la réaction du propylène dibromé 1.2 sur les dérivés magnésiens, on a essayé de généraliser la méthode. La réaction parallèle sur l'isomère 1.3 halogéné a été réalisée

(1) Séance du 14 juin 1926.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 528.

par M. Bert (¹) pour le dérivé chloré et par MM. Braun et Kuhn (²) pour le dérivé bromé, mais en série aromatique seulement

$$\text{(I)} \qquad RMgBr + Br-CH^2-CH=CHBr \rightarrow R-CH^2-CH=CHBr.$$

En série grasse, M. Bert fait remarquer qu'il y a des réactions secondaires, sans préciser.

Une étude plus détaillée m'a permis de vérifier ces résultats et de constater l'extrême complexité des phénomènes en série grasse. La réaction (I) se produit en effet, bien que très péniblement. Il se superpose la réaction (II)

$$\text{(II)} \qquad 2RMgBr + Br-CH^2-CH=CHBr \rightarrow R-CH^2-CH=CH-R.$$

Cette réaction ne se fait pas en deux phases distinctes et consécutives, dont (I) serait la première. Les deux doivent être simultanées, puisque les bromures éthyléniques préparés par ailleurs ne présentent pas, avec les magnésiens, l'hypothétique deuxième phase. Outre ces deux composés, on obtient une série de carbures tout à fait inattendus, parmi lesquels on remarque un produit qui semble être $(R-CH=CH-CH^2)^2$. Le dépouillement d'une opération nécessite de délicats fractionnements suivis de rectifications sur sodium des produits non halogénés.

Voici le détail des expériences :

C^6H^5MgBr. — J'ai obtenu comme Braun (*loc. cit.*) le γ-bromo-allylbenzène avec un rendement de 50 pour 100. Cet auteur semble avoir eu un mauvais rendement et ne donne que le point d'ébullition du produit. Voici mes constantes : Éb. 106-107° sous 12^{mm}; $d_4^{18}=1,3418$; $n_D^{18}=1,5629$; R. M. 47,68 ; théorique 47,71.

CH^3MgBr. — J'ai pu isoler les produits suivants :

1° De l'éthane, mélangé d'un peu de méthane, représentant environ 30 pour 100 du magnésien. (C'est un gaz brûlant avec une flamme peu éclairante, n'absorbant pas le brome et dont la densité donne un poids moléculaire de 28.) Ce gaz se dégage dès 0°. Or le magnésien avait été porté à l'ébullition avant de réagir. L'éthane provient donc de la réaction.

2° De l'érythrène (recueilli à — 20°, distillant à partir de + 6° et se séparant mal de l'éther, fournissant avec le brome des cristaux qui fondent à 116°). La quantité est d'environ 5 pour 100.

3° Du bromobutène que je n'ai pas obtenu pur (Eb. 92-94°; $d^{17}=1,210$; $n^{17}=1,448$). Ce composé a été décrit par M. Lepingle (³).

4° De l'octadiène (Eb. 118-120°, $d^{17}=0,748$, $n^{17}=1,4292$; R. M. 37,93; théorique 38,21 ; addition de brome 3^{at},5 par molécule).

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 37, 1925, p. 879.
(²) *Berichte Dtsch. Chem. Ges.*, 58, 1925, p. 2168.
(³) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 748.

5° Un carbure qui est probablement $C^{10}H^{18}$ (Eb. 70-80° sous 12^{mm}; $d^{20} = 0{,}808$; $n^{20} = 1{,}4618$; R. M. 46,92; théorique 47,34; addition de brome 4^{at},19 par molécule).

Une autre opération en vue d'isoler du pentène a été conduite dans l'oxyde de propyle. On n'a pas trouvé de carbure en C^5.

C^2H^5MgBr. — A. Avec un excès de magnésien on obtient de l'heptène (réaction II) avec un rendement de 30 pour 100 par rapport au propylène dibromé (Eb. 94-96°; $d^{15} = 0{,}701$; $n^{15} = 1{,}406$).

B. Avec un excès de propylène dibromé, en refroidissant à — 10° on arrive à isoler le 1-bromopentène-1 (Eb. 116-120°; $d^{19} = 1{,}254$; $n^{19} = 1{,}4624$; R. M. 32,70; théorique 32,60).

C^3H^7MgBr. — Voici les produits isolés :

1° Hexane, environ 5 pour 100 (Eb. = 66-70°; $n^{19} = 1{,}3825$; ne fixe pas le brome). La formation d'éthane par CH^3MgBr me fait supposer que cet hexane ne préexistait pas dans le magnésien.

2° Du nonène-4, environ 47 pour 100 (Eb. 144-146°; $d^{18} = 0{,}732$; $n^{18} = 1{,}4212$; R. M. 43,67; théorique 43,29). Sa structure est vérifiée par une oxydation permanganique qui a donné les acides butyrique et *n*-valérianique. Il lui correspond un dibromononane (Eb. 119-120° sous 12^{mm}; $d^{17} = 1{,}410$; $n^{17} = 1{,}4988$; R. M. 59,52; théorique 59,29).

3° Un carbure $C^{12}H^{22}$ (Eb. 83-88° sous 13^{mm}; $d^{18} = 0{,}778$; $n^{18} = 1{,}4470$; R. M. 57,28; théorique 56,68; addition de brome 3^{at},94 par molécule). Le tétrabromure ne cristallise pas. Il distille à 170-180° sous 2^{mm},3.

4° Un carbure fixant du brome et bouillant à 125-135° sous 13^{mm}. Ses constantes : $d^{17} = 0{,}803$; $n^{17} = 1{,}4710$.

Dans ces différents cas, les résultats sont donc bien parallèles si l'on excepte la singulière formation d'érythrène par CH^3MgBr.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La pulpe de l'Agave, source d'alcool industriel.* Note (¹) de M. **Paul Baud**, présentée par M. Charles Moureu.

La culture de l'*Agave rigida*, var. *Sisalana*, Henequen vert ou Yaaxci des Yucatèques (²), retient, depuis quelques années, l'attention des Sociétés coloniales et l'on tend à chercher, dans la pulpe de défibrage de ce textile, une source d'alcool industriel.

(¹) Séance du 21 juin 1926.

(²) Dr Weber, *Dictionnaire d'horticulture*, p. 28 et 29. Voir D. Koch, *Monographies des Agaves* (*Imp. Annoot-Braeckmann*), Berlin, 1862. — Léon Hautefeuille, *Rapport présenté au Gouverneur général de l'Indo-Chine*, 1904, p. 14. — William Trelease, *Proceedings Am. Philos. Soc.*, 49, 1910, f. 195, p. 232.

Nous croyons utile de compléter pour les planteurs français qui ont fait des essais d'acclimatation dans le Nord africain, l'Afrique occidentale et l'Indochine, certains résultats acquis au cours d'un séjour dans les provinces du Bas Mexique et qui ont fait l'objet d'une étude dans un autre recueil ([1]).

Nous rappellerons que les feuilles de Henequen passées à la défibreuse (6 à 8000 à l'heure, dans les raspadoras mexicaines) donnent, d'une part une fibre longue de $0^m,8$ à $1^m,20$ qui, séchée au soleil et mise en balles, sert, sous le nom de *sosquil* ou *sisal*, à la confection de cordages ou de ficelles employées par les faucheuses lieuses (*binder twine*), d'autre part une pulpe épaisse qui, suivant les saisons, représente de 90 à 95 pour 100 du poids des feuilles (on estime en effet, dans la majorité des haciendas que nous connaissons, que le rendement en fibres commerciales ne dépasse *jamais* 6 pour 100).

C'est l'utilisation de cette pulpe sucrée qui présente un intérêt dans le cas de plantations *importantes*, et les nouvelles analyses que nous publions concernent : 1° du jus d'agave, obtenu par pression de la pulpe fraîche et chauffé avant envoi, à 80°; 2° des feuilles prises sur trente pieds différents; 3° de la pulpe séchée à l'air.

Ces échantillons ont été prélevés, dans une même plantation, au nord d'Izamal (Yucatan) où les Agaves, vieux de huit ans, étaient en pleine production (*troisième* année de coupe).

Jus sucré. — Coloré en vert et tenant en suspension des débris de cellules, ce suc, de densité 1,047, provenait de feuilles coupées en janvier. Après filtration, il a indiqué à l'analyse :

	Pour 100.
Sucres fermentescibles	5,4
Sucres non réducteurs et pentosanes	6,6
Matières minérales	1,31

Les feuilles correspondantes pesaient, au millier, 580^{kg} et donnaient à l'hacienda même :

	Pour 100.
Fibres commerciales	5,7
Débris cellulosiques	6,3
Jus clarifié	88

Le rendement en alcool n'aurait pas dépassé, dans ces conditions, 20 à 22^l par

([1]) *Bulletin des Séances de la Société Nationale* (aujourd'hui Académie) *d'Agriculture*, 71, 1911, n° 1, p. 64 (Mémoire couronné).

tonne de feuilles, soit, par coupe quotidienne de 50 000 (plantation couvrant 300-310^{ha}) de 600 à 650^{l}.

Feuilles. — Défibrées à la main, environ deux mois après leur coupe, elles comprenaient :

		Pour 100.
	Eau	83,39
	Matière sèche	16,61
soit		
	Fibres et déchets	7,09
	Sucres fermentescibles	6,01
	Sucres non réducteurs et gommes	3,51
ou		
	Cellulose, vasculose et lignose	5,67
	Matières minérales et azotées	1,42
	Sucres divers et gommes	9,52

Pulpe sèche. — D'un aspect analogue à la balle de blé, mais chargée de fibres courtes échappées à la machine, ce produit représente, pour les feuilles étudiées, de 90 à 120^{kg} par tonne traitée. L'échantillon avait été simplement séché à l'air, sous un hangar, et correspondait à des journées de travail du début de septembre (fin de la saison des pluies au Yucatan). Son analyse a donné :

	Pour 100.		Pour 100.
Eau	8,52	Matières minérales et azotées	7,36
Cellulose, vasculose	50,58	Sucres fermentescibles	15,15
Gommes et non réducteurs	17,32		

Rapportée aux feuilles de la même plantation, coupées fin janvier (sécheresse), la pulpe sèche aurait dû indiquer une teneur en sucres fermentescibles de 40 à 45 pour 100. Le très faible chiffre trouvé contribue à expliquer les divergences relevées dans les analyses de divers auteurs qui n'ont pas tenu compte des variations s'établissant, au cours de l'année, dans la composition chimique des feuilles (de mai à octobre, nous avons noté, *sur place*, pour la teneur en sucre du jus clarifié : max. 6,57; min. 2,65 pour 100) et cela pour les mêmes plants.

Conclusions. — En fixant à l'*Agave sisalana* une vie moyenne de quinze ans, une coupe annuelle de 20 à 25 feuilles, *dès la cinquième année*, donne un total de 200 à 250 feuilles; soit, en se rapportant aux chiffres cités plus haut de 4^{l} à 4^{l},2 d'alcool à 95°, auxquels on peut ajouter 1200 à 1250$^{cm^3}$ fournis par le tronc, lors de la poussée de la hampe florale qui marque la fin du végétal. Ayant vu des indigènes de l'État d'Oaxaca préparer le « tequila », nous avons cuit quarante minutes, au Krüger, 20 troncs, d'un poids total de 280^{kg}, coupés en morceaux de la grosseur du poing, pour séparer les déchets cellulosiques (90^{kg}) d'un jus sucré dont la fer-

mentation, amorcée par un peu de « vin de palme », en pleine activité, nous a fourni $22^l,4$ d'alcool à 92 pour 100).

Ces chiffres confirment ceux que nous avons publiés et montrent que l'on ne peut trouver une source d'alcool dans les sous-produits du défibrage de l'*Agave sisalana* que dans le cas de plantations déjà *vieilles de cinq ans* et couvrant *au moins* 400^{ha} (2000 à 2200 pieds à l'hectare). Pour des essais sur une moindre échelle, on ne saurait voir dans cet agave qu'une plante textile qui concurrence d'ailleurs le chanvre de Manille dans tous ses emplois, donne lieu à des exploitations importantes ailleurs qu'au Yucatan (Nouvelles Hébrides, îles Hawaï, Java, Soudan, Cameroun, etc.) et doit intéresser toutes les régions de notre Empire colonial où les conditions de *climat* et de *terrain* rappellent celles du pays d'origine et permettent les *mêmes méthodes de culture*.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur des enregistrements du champ électrique de l'atmosphère jusqu'à* 20000^m *d'altitude*. Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Deslandres.

J'ai pu obtenir aux mois de mai et de juin 1926 une série d'enregistrements du champ électrique de l'atmosphère aux grandes altitudes à l'Observatoire aérodynamique de Trappes.

Le principe de ces mesures a consisté à enregistrer en ballon-sonde la différence de potentiel entre deux prises de potentiel atmosphérique placées à quelques mètres de distance verticale.

Pour faire cet enregistrement, j'ai utilisé les propriétés des lampes bigrilles, mises en évidence par M. l'abbé Lejay [1]. Dans ces lampes, le courant de grille intérieure est, dans certaines conditions de montage, fonction du potentiel de la grille extérieure, celle-ci ayant alors un débit pratiquement négligeable. Cette lampe peut donc servir d'électromètre et permet, par la mesure avec un milliampèremètre, des variations d'intensité du courant de grille intérieure, de déterminer les variations de potentiel de la grille extérieure. Les indications du milliampèremètre étaient enregistrées photographiquement.

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2171.

Les prises de potentiel étaient constituées par des mèches imbibées d'azotate de plomb, et tout l'appareillage d'électricité atmosphérique était isolé du ballon et de ses agrès par une suspension en orca. Afin de vérifier la similitude électrique des prises, des ascensions ont été faites avec les deux prises de potentiel à la même hauteur : elles ont permis de constater que dans ce cas on obtenait bien une différence de potentiel nulle.

Six ballons ont été retrouvés avec des enregistrements convenables : parmi eux trois ont dépassé l'altitude de 13000^m et un a atteint 20000^m.

On constate que le champ électrique, quoique soumis à des irrégularités, décroît en moyenne jusque vers 9000^m d'altitude. La moyenne de mes ascensions (faites toutes de jour) a donné un champ de 10,4 volts par mètre à 4000^m, de 5,6 volts à 6000^m, et de 2,3 volts à 8000^m.

Mais aux altitudes plus élevées, j'ai constaté pour les trois ballons qui ont dépassé la couche isotherme, qu'au voisinage de la naissance de cette couche, le potentiel, quoique encore soumis à des variations importantes, reprenait une valeur très élevée, dépassant par endroits 30 à 40 volts par mètre. Enfin, dans le seul ballon qui a atteint 20^{km}, le potentiel, au delà de 16^{km}, décroissait régulièrement. De 12 volts par mètre à 16000^m, il s'abaissait à 5 volts à 17000^m et à 1,2 volt à 19000^m.

Sans tirer de conclusions générales d'un aussi petit nombre d'observations, il semble bien résulter de ces mesures qu'au moins de jour et dans certaines circonstances, le champ électrique de l'atmosphère peut remonter à de grandes valeurs vers 10 à 12^{km}, au voisinage de la couche isotherme.

Ces travaux seront poursuivis systématiquement à Trappes, corrélativement avec des mesures de conductibilité de l'air dans les hautes régions.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Spiriféridés du Lias européen.* Note de M. GEORGES CORROY, transmise par M. Pierre Termier.

Les auteurs qui jusqu'ici ont étudié les Spiriféridés se sont bornés à décrire des espèces isolées. Or, en examinant plus d'un millier de Spiriférines du Lias européen, j'ai pu me rendre compte du peu de valeur des caractères considérés comme spécifiques, et de la variabilité très grande des individus quant à leur forme générale, l'allure du crochet, l'impression du sinus, la commissure des valves, etc.

De plus, les paléontologistes n'ayant pas eu toujours recours aux figures types pour leurs déterminations, il en est résulté des confusions et de fausses

interprétations : par exemple, *Sp. rostrata* v. Zieten sp., forme mentionnée dans bien des gisements, citée dans tous les ouvrages et dont je ne connais aucun représentant se rapportant aux descriptions et figures de v. Zieten. Toutes les Spiriférines déterminées *Sp. rostrata* dans les collections que j'ai examinées appartiennent au phylum de *Sp. tumida* v. Buch sp.

Après étude des caractères et de leur signification, ceux de l'ornementation seuls m'ont paru permettre d'établir d'une part des distinctions entre les formes et d'autre part des groupements généalogiques naturels. Sur cette base, je crois pouvoir réunir les Spiriférines en quatre groupes :

1° *Groupe des Spiriférines non costées*. — Type : *Sp. alpina* Oppel, avec une variété globuleuse : var. *Falloti* Corroy. On peut placer dans ce groupe : *Sp. rostrata* v. Zieten sp. (connue seulement d'après cet auteur), *Sp. villosa* Quenstedt, *Sp. Nicklesi* Corroy, *Sp. ilminsteriensis* Davidson.

2° *Groupe des Spiriférines à costulation peu sensible*. — Type : *Sp. tumida* v. Buch sp. (= *pinguis* v. Zieten), espèce sujette à de nombreuses variations avec tous passages du type aux variétés : *ascendens* Eudes-Deslongchamps (= *Möschi* Haas), forme allongée transversalement, au crochet redressé ; var. *sicula* Gemmellaro, forme globuleuse au crochet accusé ; var. *acuta* Corroy, forme élargie, à la commissure tranchante ; var. *Haueri* Suess, forme très peu costée, au sinus aigu ; var. *rupestris* Eudes-Deslongchamps, forme à costulation bien marquée et au crochet très redressé. Toutes ces variétés étaient considérées jusqu'alors comme des espèces bien individualisées. Il m'est impossible de ne pas les réunir.

Sp. Hartmanni v. Zieten sp. et sa variété *gigantea* Corroy, de taille très forte, *Sp. verrucosa* v. Buch. sp. (= *licata* Quenstedt) appartiennent au même groupe.

3° *Groupe des Spiriférines à costulation très marquée*. — Type : *Sp. Walcotti* Sowerby sp., avec deux variétés extrêmes : une variété paucicostée, var. *betacalcis* Quenstedt, et une variété petite, aux côtes larges, var. *Münsterii* Davidson. Citons encore : *Sp. lata* Martin et sa mutation *Oppeli* (espèce créée par Rollier = *octoplicatus* v. Zieten (pars).

4° *Groupe des Spiriférines multicostées*. — Type : *Sp. Quenstedti* Rollier, avec *Sp. oxygona* Eudes-Deslongchamps, *Sp. oxyptera* Buvignier, *Sp. Foreli* Haas (= *recondita* Seguenza), *Sp. Deslongchampsii* Davidson (= *Tessoni* Davidson), *Sp. signyensis* Buvignier, *Sp. Davidsoni* Eudes-Deslongchamps.

Répartition et extension verticale. — J'ai examiné principalement les Spiriférines lorraines et alsaciennes en comparaison avec les formes alle-

mandes, anglaises et normandes d'une part, avec les formes alpines, italiennes et espagnoles d'autre part. La répartition de ces formes dans les sédiments liasiques est des plus larges, et la même espèce ou la même variété se rencontre dans les différents faciès néritiques de toutes les contrées. Certaines sont *statiques* et d'autres sujettes à de grandes variations dans le même gisement; mais *fixité ou variations semblent indépendantes des conditions éthologiques*.

Que le sédiment soit marneux, argileux, calcaire, ferrugineux, gréseux, etc., toutes les variétés s'y rencontrent et aucune adaptation spéciale n'est à enregistrer. *Les Spiriféridés ont donc vécu indifféremment dans les conditions de milieu les plus diverses*.

La costulation elle-même, pas plus que la forme du crochet, ne permet de mentionner aucun rapport entre l'apparition de l'espèce et le faciès; elle montre seulement dans bien des cas de curieuses évolutions. *Sp. tumida*, par exemple, apparue à l'Hettangien supérieur avec de très fines côtes, se présente avec une costulation bien marquée dans tous les gisements sinémuriens — quel qu'en soit le faciès — pour recourir une costulation à peine sensible au Charmouthien.

Le genre apparaît dès le début de l'Hettangien supérieur avec une forme nettement différenciée dans chacun des trois derniers groupes précités : *Sp. tumida*, *Sp. lata*, *Sp. Quenstedti*. Au Sinémurien inférieur, le quatrième groupe est représenté par *Sp. alpina* et l'épanouissement de ces quatre ensembles s'accuse brusquement sans que l'on constate de rapports phylogéniques entre eux; une liaison apparente existe seulement par la présence de quelques formes extrêmes de variétés dans le sens pauci ou multicosté. Puis un maximum d'extension est atteint dans toutes les contrées au Sinémurien supérieur et au Charmouthien. Vers la fin de cette période, l'extinction de la famille s'annonce par de nombreuses disparitions dans les régions septentrionales; mais quelques formes persistent encore dans le Toarcien des abords de la Mésogée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les divers types de Graminées d'après la nature de leurs réserves hydrocarbonées*. Note (¹) de MM. **H. Colin** et **A. de Cugnac**, présentée par M. Molliard.

La famille des Graminées est considérée à bon droit comme l'une des plus homogènes du point de vue physiologique. Le *limbe des feuilles* ne ren-

(¹) Séance du 21 juin 1925.

ferme jamais, dans les conditions normales, d'autre hydrate de carbone que le saccharose et ses produits d'hydrolyse; quant aux graines, elles sont toutes à albumen sec et amylacé.

Mais si l'on suit les matériaux élaborés par les feuilles, dans leur trajet tout le long de la tige, on aperçoit immédiatement deux types bien distincts : d'une part, les plantes à lévulosanes; de l'autre, celles qui sont rigoureusement exemptes de polyoses lévogyres.

A cette seconde catégorie appartiennent notamment, outre la Canne à sucre, le Maïs, le Sorgho, les genres *Phragmites*, *Arundo*, *Cynodon*, *Brachypodium*, etc. Ce sont là les Graminées saccharifères; des feuilles aux rhizomes et aux grains, elles ne possèdent, en fait d'hydrates de carbone *solubles*, que du sucre de canne accompagné de réducteur libre en quantité variable suivant les organes. D'ordinaire l'amidon fait défaut dans la tige proprement dite, mais il peut s'en trouver dans la gaine des feuilles ou dans les rhizomes.

Les Graminées à lévulosanes sont de beaucoup les plus nombreuses; indépendamment des Céréales, on rencontre dans ce groupe les genres *Hierochloa*, *Baldingera*, *Phleum*, *Alopecurus*, *Psamma*, *Calamagrostis*, *Agrostis*, *Trisetum*, *Arrhenatherum*, *Dactylis*, *Festuca*, *Bromus*, *Agropyrum*, *Lolium*, etc.

La répartition des polyoses lévogyres est, dans toutes les espèces, à peu près identique. Ils n'apparaissent dans la tige qu'une fois les plantes bien développées; le plus souvent on les voit se former d'abord dans la gaine des feuilles; de là, ils passent dans le chaume et s'y accumulent, comme c'est de règle, jusqu'au moment de la floraison, pour émigrer ensuite vers l'épi. On les retrouve dans le grain, où ils résultent de la condensation *sur place* des sucres délivrés par le rachis, et non comme on pourrait le croire d'une translation pure et simple des principes contenus dans la tige.

Dans les plantes annuelles la lévulosane ne joue qu'un rôle transitoire : à l'époque de la dessiccation, les grains n'en renferment plus ou sinon de très petites quantités. Au contraire, dans les espèces vivaces à bulbes, tubercules, rhizomes, stolons pérennants, la réserve hydrocarbonée de ces divers organes est composée surtout de polyoses lévogyres *sans trace d'amidon*.

On a retiré jusqu'alors des Graminées plusieurs lévulosanes; la graminine de l'Avoine à chapelet et la triticine du Chiendent représentent incontestablement deux espèces chimiques [1]; ni l'une ni l'autre ne saurait être

---

[1] H. Colin et A. de Cugnac, *Les hydrates de carbone des Graminées, graminine et triticine* (Communication à la *Société de Chimie biologique*, 8, mai 1926.

confondue avec la lévosine extraite par Tanret de la farine de Seigle; quant à la phléine des auteurs, il n'est pas démontré qu'elle diffère de la graminine.

Qu'il y ait un petit nombre de ces principes chez les Graminées ou qu'il en existe davantage, ils ont en commun un ensemble de propriétés qui les séparent de l'inuline des Synanthérées, aussi bien que de la scilline des Liliacées et de l'irisine de l'*Iris Pseudacorus*. Ils sont, notamment, tributaires de la sucrase, d'où les valeurs élevées de l'indice de réduction enzymolytique dans les extraits additionnés de ferment. C'est à cette particularité, passée jusqu'alors inaperçue, que les Graminées fourragères doivent une partie de leur valeur alimentaire pour le bétail.

Nous avons réuni dans le tableau ci-dessous quelques-unes des données essentielles qui justifient les considérations qui précèdent; $[\alpha_1]$, $[\alpha_2]$, R, S, L, A désignent respectivement les pouvoirs rotatoires avant et après hydrolyse, les pourcentages de réducteur libre, de saccharose, de lévulosane, d'amidon, rapportés au poids frais.

Plantes analysées.	Organes.	$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	R.	S.	L.	A.
		Graminées à lévulosanes.					
Juin :							
Arrhenatherum.	Feuilles......	+46	−27	0,22	1,96	0	0
	Grains.......	+30	−10	0,38	0,40	0,86	8,8
	Tiges........	− 7	−55	0,55	1,09	3,00	0
	Souches......	−35	−75	0,56	0,86	7,98	0
	Tubercules...	−37	−82	1,20	1,42	8,63	0
Novembre :							
Agropyrum....	Rhizomes....	−37	−84	1,30	0,35	11,85	0
Agrostis.......	Stolons.......	−35	−85	0,28	1,67	13,10	0
Phleum........	Bulbes.......	−33	−85	0,31	1,75	12,31	0
		Graminées à saccharose.					
Juillet :							
Phragmites....	Feuilles......	+52	−19	0,27	4,47	0	0
	Grains jeunes.	+51	−24	0,18	0,94	0	2,0
	Tiges........	+53	−13	0,27	2,58	0	0
	Rhizomes....	+40	−17	0,70	2,00	0	0
Brachypodium.	Rhizomes....	+43	−24	0,34	4,75	0	4,0
Cynodon.......	Rhizomes....	+40	−20	1,55	4,28	0	13,4

PHYSIOLOGIE. — *Réflexes conditionnels dans l'immunité*. Note [1] de MM. S. **Metalnikow** et V. **Chorine**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une série de travaux, nous avons essayé de démontrer qu'à la base de l'immunité naturelle et acquise se trouvent les réactions défensives des différentes cellules de l'organisme [2]. Ce ne sont pas seulement les cellules libres qui réagissent, mais aussi les cellules réticulo-endothéliales, les tissus conjonctifs, les organes hématopoiétiques, les glandes à sécrétion interne, la rate, le foie, les vaisseaux, etc., et enfin les nerfs.

Puisque toutes ces réactions sont involontaires, nous pouvons dire que ce sont des réflexes internes très compliqués. Ces réflexes de défense peuvent varier beaucoup sous l'action de différents excitants, c'est-à-dire de différents microbes, toxines et corps étrangers, introduits dans l'organisme.

Ainsi, en injectant dans le péritoine d'un cobaye une émulsion de microbes donnés, nous pouvons toujours provoquer une réaction typique. La durée et la force de ces réactions dépendent de la quantité et de la qualité des substances injectées.

Nous pouvons répéter ces injections plusieurs fois, nous obtiendrons toujours le même réflexe typique.

Une question se pose : N'est-il pas possible, en répétant 10 à 20 fois de suite ces injections et en les associant à des excitations externes, de créer un réflexe semblable aux « réflexes conditionnels » de Pavlow ?

Pour résoudre cette question, nous avons entrepris une série d'expériences sur 12 cobayes.

Chaque cobaye recevait dans le péritoine, tous les jours, une petite dose de tapioca ou de *B. anthracoïdes* en émulsion. Cette injection était toujours associée à une excitation externe, grattage d'une même région de la peau ou sa mise en contact avec une plaque métallique chaude.

Après 15-20 injections et excitations externes de ce genre, nous laissons reposer les cobayes pendant 12-15 jours, jusqu'à ce que l'exsudat de leur cavité péritonéale redevienne normal. Ce jour-là, nous faisons plusieurs fois l'excitation externe (grattage ou chauffage), mais nous n'injectons rien

---

(1) Séance du 21 juin 1926.

(2) Metalnikow et Sekreteva, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 572. — Metalnikow et Toumanoff, *Ann. Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 909.

dans le péritoine. Ensuite, nous examinons l'exsudat péritonéal plusieurs fois pendant 24-48 heures.

2-4 heures après cette excitation externe, nous voyons apparaître dans le péritoine les réactions typiques qu'on obtient ordinairement après l'injection des microbes.

Voici, pour plus de clarté, le résultat de quelques expériences :

I. *Réaction des cellules dans le péritoine du cobaye* 42 *qui a reçu une émulsion de tapioca* (2^{cm^3}).

	Formule leucocytaire.			Quantité de cellules dans l'exsudat.
	Polyn.	Monon.	Lymphoc.	
Avant l'injection..........	//	//	//	//
30 minutes après..........	4	16	80	+
2 heures après...........	26	14	60	++
5 »	90	8	2	++++
24 »	82	16	2	++++
48 »	47	35	8	++++
3 jours après.......... ..	29	50	21	+++

II. *Le cobaye* 42 *a reçu* 21 *injections successives de tapioca associées chacune à une excitation externe* (*chauffage d'une région de la peau*) ; 13 *jours après la dernière injection, la région de la peau était chauffée plusieurs fois.*

	Formule leucocytaire.			Quantité de cellules.
	Polyn.	Monon.	Lymphoc.	
Avant l'excitation...............	0,6	29	69,6	//
2 h. après »	9,3	78,2	12,5	++
5 h. » »	62	32	6	+++
24 h. » »	24,5	53	22,5	++

III. *Le cobaye* 98 *a reçu dans le péritoine* 25 *injections d'une émulsion de* B. anthracoïdes *associée à une excitation externe* (*grattage de la peau du côté droit*); 15 *jours après la dernière injection, la même région de la peau a été grattée plusieurs fois. Ce grattage était répété le lendemain.*

	Formule leucocytaire.				Quantité de cellules.
	Polyn.	Monon.	Lymphoc.	Eosin.	
Avant l'expérience........	0	36,6	62,8	0,6	5000
3 h. 1/2 après l'excit. ext...	5,2	50,5	44,1	1,0	5000
4 h. 1/2 » ...	2	59	38,5	0,5	9500
25 h. » ...	0,8	49,6	48,1	1,5	8560
48 h. » ...	16,1	52,8	27,7	1,1	//
3 jours » ...	7	41	50	2	//
4 jours » ...	1,1	12,4	82,3	4,2	//

Comme nous le montre l'expérience I, l'injection d'une substance étrangère ou de microbes dans le péritoine provoque toujours une réaction typique; tandis que, chez le cobaye normal, l'exsudat est très pauvre en éléments cellulaires, chez le cobaye injecté, l'exsudat devient trouble et le nombre des leucocytes augmente très rapidement. C'est surtout la réaction des polynucléaires qui est typique. Elle commence aussitôt après l'injection et atteint son maximum 5-8 heures après.

En examinant les résultats des expériences qui suivent (nos II, III), nous voyons que les cobayes 42 et 98, qui n'ont rien reçu dans le péritoine, mais qui avaient été excités extérieurement, donnent la même réaction typique des leucocytes dans le péritoine.

Cette réaction est plus faible et plus passagère que chez l'animal qui a reçu l'émulsion dans le péritoine (expérience I), mais elle est très démonstrative.

Des 12 cobayes qui ont été soumis à l'expérience, 4 ont succombé à une cause étrangère aux expériences; sur les 9 qui restent, 7 ont donné des réactions typiques, les 2 derniers ont été indifférents.

Nous espérons, en perfectionnant la technique, obtenir des résultats plus nets.

PHARMACODYNAMIE. — *Action du violet cristallisé sur l'appareil cardio-vasculaire du chien.* Note de MM. **A. Alivisatos** et **Fernand Mercier**, présentée par M. Desgrez.

Les divers expérimentateurs qui ont étudié l'action physiologique et toxique du violet de méthyle sur les animaux à sang froid et à sang chaud ont noté une fixation élective du colorant sur le muscle cardiaque (1), imprégnation de la fibre comparable à celle que produit la strophantine (2), et des modifications de l'appareil cardio-vasculaire dont ils ont donné des interprétations parfois contradictoires (1) *et* (3).

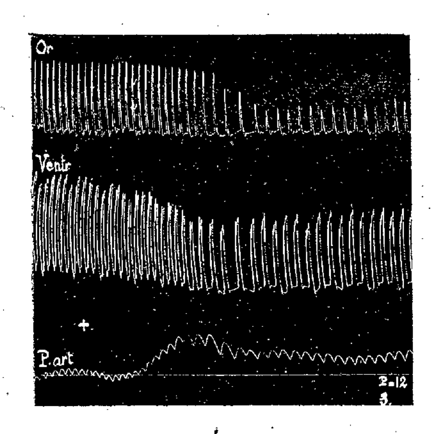
Il nous a paru intéressant d'apporter une contribution à cette étude par

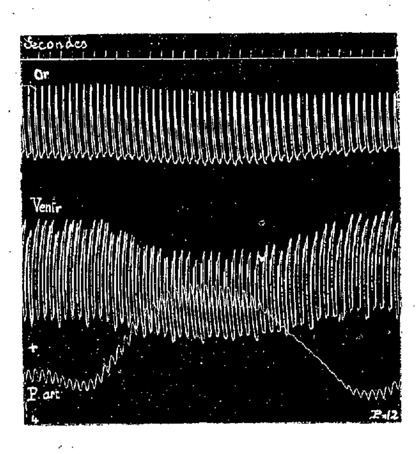
(1) H. Führer, *Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmakol.*, 69, 1912, p. 31.

(2) G. Pietrkowski, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 81, 1917, p. 51; 85, 1920, p. 310.

(3) G. Strooman, *Zeitschr f. d. ges. exper. Med.*, 2, 1914, p. 293; A. Sluyterman, *Zeitschr. f. Biol.*, 57, 1911, p. 125,

l'observation parallèle des variations provoquées chez le chien par le violet cristallisé (R. A. L.) (chlorure d'hexaméthylpararosaniline) : 1° sur les



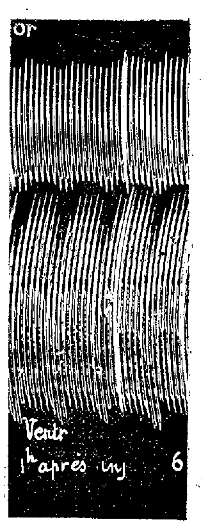


Tracé n° 1. Tracé n° 2.

Chienne 8kg. Thorax ouvert. Respiration artificielle. Inscription directe des contractions de l'auricule et du ventricule droits du cœur *in situ*. Pression de carotide gauche.

Tracé n° 1 : en +, injection intraveineuse de 0g,004 de violet cristallisé par kilogramme.

Tracé n° 2 : en +, injection d'une même dose de violet cristallisé, l'animal ayant reçu une injection de 0g,01 de sulfate d'atropine.



Tracé n° 3. Tracé n° 4.

Chienne 11kg. Mêmes conditions expérimentales que précédemment.

Tracé n° 3 : Tracé normal.

Tracé n° 4 : 1 heure après injections successives de violet cristallisé représentant au total 0g,01 par kilog.

contractions auriculaires et ventriculaires observées sur le cœur *in situ*; 2° sur la pression carotidienne; 3° sur les vaisseaux du rein.

Nous avons constaté les faits suivants :

1° L'injection intraveineuse de $0^g,004$ à $0^g,01$ de violet cristallisé, par kilogramme d'animal, provoque une élévation brusque mais transitoire de la pression artérielle, coïncidant avec la chute du tracé pléthysmographique rénal, traduisant une vaso-constriction énergique. On constate, en même temps, un ralentissement marqué des pulsations carotidiennes (tracé 1).

L'inscription directe des contractions auriculaires et ventriculaires enregistre ce ralentissement (action chronotrope négative), en même temps qu'une diminution de l'amplitude (action inotrope négative), qui traduit l'action dépressive sur l'oreillette et le ventricule.

Ces modifications cardiaques semblent dépendre d'une excitation du pneumogastrique; elles sont, en effet, sinon complètement supprimées, du moins fortement diminuées si, avant l'injection de violet cristallisé, on a sectionné les pneumogastriques ou injecté $0^g,01$ de sulfate d'atropine (tracé 2); l'élévation de la pression artérielle est alors beaucoup plus marquée.

2° Aux doses ci-dessus indiquées, le violet cristallisé exerce sur le myocarde une action tonique qui se traduit, même chez le chien atropiné, par une élévation lente et progressive de la pression carotidienne, avec augmentation de l'amplitude des pulsations. Ces modifications nous semblent dues uniquement à l'augmentation de l'énergie cardiaque (le tracé du volume du rein ne décelant à ce moment aucune vaso-constriction). Elles se traduisent sur le cœur *in situ* par une augmentation marquée de l'amplitude des systoles ventriculaires et par l'élévation des pieds systoliques de la courbe (tracés 3 et 4), élévation provoquée par la diminution de volume du cœur et traduisant l'augmentation considérable du tonus ventriculaire.

En résumé, le violet cristallisé semble agir sur le cœur à la manière des digitaliques; il exerce, en effet, une action stimulante sur le pneumogastrique à laquelle s'ajoute une action propre sur le myocarde, se traduisant par une augmentation du tonus et de l'énergie du cœur.

HISTOLOGIE. — *Sur la présence de cellules dans la dentine de quelques Élasmobranches.* Note[1] de M. **J.-J. Thomasset**, présentée par M. Henneguy.

On observe à la périphérie des dents de quelques Squales, aux abords de la pointe et des tranchants, des corps de forme et de dimensions

(1) Séance du 21 juin 1926.

constantes qui sont noyés dans la dentine. Ce ne sont pas des acunes ou espaces quelconques, ni des canalicules, car ils ne communiquent point avec les parties plus internes de la dent. Ce ne peuvent être que des cellules, ou plutôt des vides laissés par elles dans la matière dure; mais ces empreintes sont assez caractérisées pour que l'on puisse y reconnaître des *odontoblastes* englobés dans l'ivoire.

Ces cellules sont plus longues que larges, le plus souvent arrondies, piriformes et quelquefois vaguement coniques. Elles sont pourvues d'un seul prolongement, orienté toujours vers le tranchant ou la pointe de la dent. Leur surface est irrégulièrement cannelée et présente l'aspect de fibres tordues. La longueur moyenne du corps de la cellule est de 30^{μ} (mesures extrêmes : 25^{μ} et 40^{μ}); le prolongement peut atteindre 10 fois la longueur de la cellule (300^{μ}), et son diamètre à la base est de 2 à 4^{μ}. Dimensions, formes et orientations sont constantes et correspondent aux caractères morphologiques des odontoblastes. Cependant, les observations ayant porté seulement sur du matériel sec ou fossile, les noyaux n'ont pu être mis en évidence. Il est probable, d'ailleurs, que la masse protoplasmique est, dans la dent développée, résorbée ou transformée.

Ces odontoblastes intra-éburnéens ont été rencontrés exclusivement près de la pointe et du tranchant, et les prolongements sont tous grossièrement orientés vers l'extérieur. Lorsque les dents sont crénelées, les cellules sont nombreuses aux saillies et alors très rapprochées de la surface. Dans les dents courbées, à deux tranchants, l'un concave et l'autre convexe, c'est en général au tranchant concave que les odontoblastes sont localisés.

Chez les Lamnidés, ces cellules se rencontrent dans le tissu recouvrant l'ostéodentine. Le genre *Lamna* en montre un véritable fouillis à la pointe, tandis qu'elles sont peu nombreuses au tranchant. Chez *Carcharodon Rondeleti* elles sont nombreuses à toutes les hauteurs du tranchant et surtout aux saillies du bord crénelé. On les trouve chez *Corax* à la pointe et à l'un des tranchants, généralement au concave, parfois au convexe. Chez les Carchariidés, dont la dent ne contient pas d'ostéodentine, les cellules ne se trouvent que dans la couche externe de dentine. Assez rares chez *Galeocerdo*, *Hemipristis* et *Carcharias*, elles sont nombreuses chez *Sphyrna* au tranchant concave et dans les pointes accessoires. Parmi les autres familles on les rencontre chez *Acanthias*.

Les odontoblastes s'observent aussi nettement chez les fossiles que dans les genres actuels; ils manquent chez un certain nombre.

L'existence de ces cellules témoins est bien en rapport avec la forme

tranchante ou pointue de la dent. Elles prédominent à la pointe dans les dents très pointues, au tranchant dans les dents très tranchantes et aux saillies dans les dents crénelées. Leur présence est donc liée à un accroissement intense des tissus. En ces régions, les deux plans formés par la couche des odontoblastes se coupent; la marche de ces éléments est donc convergente et doit être rapide. Leurs trajets, n'étant point, comme ailleurs, parallèles, doivent plus ou moins, selon que l'angle en est plus ou moins aigu, se couper et se confondre. Il résulte un certain désordre dans l'accroissement du tissu; et l'on peut admettre qu'au cours de la calcification une partie des odontoblastes, gênés dans leur mouvement de recul, restent englobés dans l'ivoire. On sait que des odontoblastes peuvent rester attachés à une couche de jeune dentine alors que les autres reculent. Quelques-uns demeurent ainsi, un instant, suspendus. C'est un processus semblable, mais intense, qui se produit sans doute chez les Squales.

La présence de cellules typiques dans un tissu dentaire paraît trancher une longue discussion sur la nature de ce tissu. Chez les Lamnidés la dent est constituée par une masse d'ostéodentine recouverte d'une couche plus régulière à nombreux canalicules. Tomes pense que celle-ci est un émail d'épaisseur considérable et qu'il n'y a pas de vraie dentine. Röse soutient au contraire que l'ostéodentine est surmontée d'une couche de vraie dentine. D'ailleurs, la dernière édition du manuel de Tomes ne donne que dubitativement le nom d'émail à ce tissu. La présence d'odontoblastes, en quelque sorte pétrifiés dans sa masse, prouve que le tissu en question est bien une vraie dentine. Cependant il a l'aspect d'un émail chez les Carchariidés; il se peut qu'il soit d'origine mixte, mais dans sa structure les caractères éburnéens l'emportent.

On observe que chez les Lamnidés la limite entre ostéodentine et dentine est très tranchée; et, chez les fossiles, la ligne de démarcation est une zone de rupture qui rend parfois les coupes difficiles à obtenir. Il y a une grande différence de dureté, de structure, de réfringence et sans doute d'origine entre les deux tissus. Chez les Carchariidés le centre de la dent est formé d'une épaisse couche de dentine ou pseudo-dentine entourant une cavité pulpaire et ne contenant pas de cellules; elle est recouverte d'une couche externe plus mince. La localisation des odontoblastes dans celle-ci semble indiquer qu'elle est seule homologue à la vraie dentine des Lamnidés. La couche interne, dont les canalicules chez *Sphyrna* se terminent sans atteindre ceux de la dentine externe, a probablement une origine différente. On observe aussi chez les Squales une zone extérieure à l'ivoire, plus réfrin-

gente, moins riche en canalicules et qui représente sans doute une vitro-dentine ou émail. Il n'y a aucune solution de continuité entre elle et la dentine sous-jacente. Le tissu est parfois très net au tranchant et, les prolongements des odontoblastes allant souvent jusqu'à lui, il est probable que ces éléments ont concouru à sa formation. L'origine mixte de cet émail est d'ailleurs acceptée.

ZOOLOGIE. — *Fréquence, symétrie et constance spécifique d'hyperostoses externes chez divers Poissons de la famille des Sciénidés.* Note (¹) de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La grande fréquence des hypertrophies osseuses, chez les Poissons téléostéens, est un fait connu de longue date. Chez ceux de la famille des Sciénidés, un certain nombre d'espèces se montrent plus particulièrement sujettes au développement de ces hypertrophies sur les rayons osseux des nageoires verticales (dorsale et anale).

Cuvier et Valenciennes ont décrit, sous le nom de *Corvina clavigera*, un spécimen d'assez grande taille de *Corvina nigrita* C. V. (côte occidentale d'Afrique), chez lequel la onzième épine (la dernière de la série) de la nageoire dorsale est renflée en forme de fuseau. J'ai comparé à cet exemplaire un autre *Corvina nigrita*, de taille légèrement inférieure, chez lequel, non seulement la même onzième épine est affectée d'une hypertrophie analogue, mais encore la deuxième épine de la même nageoire. Ces renflements ne sont développés que sur la moitié distale de l'épine; leur forme est celle d'un noyau de datte. Chez ce même individu, la deuxième épine anale, toujours très puissante dans cette espèce, présente, sur sa moitié distale, une hypertrophie d'aspect identique; en outre, les deux premiers interhémaux sont considérablement épaissis et coalescents.

Chez un *Sciænoides biauritus* Cantor (côte d'Annam), mesurant 63^{cm} de longueur, le cinquième rayon branchiostège, de chaque côté, est sensiblement épaissi et considérablement élargi, au point de mesurer environ quatre fois sa largeur normale. La longueur de cet os, non plus que sa courbure, ne sont modifiées. La symétrie de cette hyperostose est absolue.

La morphologie de l'espèce du golfe de Siam, que j'ai décrite moi-même sous le nom de *Sciænoides perarmatus* est particulièrement remarquable

---

(¹) Séance du 21 juin 1926.

à ce point de vue. Sur les sept exemplaires étudiés, deux sont âgés, leur longueur totale dépasse 50^{cm}; la longueur des cinq autres oscille entre 19 et 33^{cm}. L'un des principaux caractères distinctifs de l'espèce réside dans le nombre des rayons osseux de la dorsale, qui est de 7 (plus rarement de 6), au lieu des 10 ou 11 que l'on trouve sur les quatre autres formes décrites du même genre. Sur les deux plus grands individus, la dernière épine de la dorsale est énorme; sa longueur (36 et 43^{mm}) dépasse au moins d'un tiers celle de la plus longue des autres épines de la même nageoire; sa forme, extraordinairement massive, est celle d'un fuseau ou d'un poinçon à trois arêtes longitudinales, délimitant trois faces, dont la postérieure est plane, mais creusée, d'un bout à l'autre, d'un sillon étroit, au fond duquel s'attache la membrane de la nageoire; la pointe est aiguë; à l'exception de la face postérieure, qui est lisse, toute la surface de l'épine est rugueuse, finement ridée transversalement. L'épine de chacune des deux nageoires pelviennes est d'un volume extraordinaire et d'une forme générale assez semblable à celle dont il vient d'être question; ces deux épines sont rigoureusement symétriques et mesurent respectivement 45 et 55^{mm} de longueur.

Même hypertrophie de la deuxième épine de l'anale, dont la forme générale est identique à celle des trois autres, et dont la longueur atteint 45 et 49^{mm}. On peut suivre, sur les petits individus, le développement de ces rayons d'aspect monstrueux. La dernière épine de la dorsale, d'apparence normale dans le plus jeune âge, ne tarde pas à présenter les indices du renflement caractéristique, tandis que les épines pelviennes et l'épine anale n'offrent, chez tous ces petits exemplaires, d'autre particularité que l'insolite robustesse de leurs proportions.

Le déterminisme des hyperostoses des Poissons reste à établir, et il se peut que ce déterminisme ne soit pas le même dans tous les cas. Chez les Sciénidés, l'influence du milieu (composition chimique de l'eau, valeur du pH), ne saurait que difficilement être mise en cause. On songerait plutôt à une acromégalie consécutive à l'action pathogène de quelque microorganisme. Quoi qu'il en soit, les observations qui précèdent établissent que ces hyperostoses ne sont pas seulement accidentelles. Leur tendance élective, eu égard aux parties affectées, est manifeste dans le cas de *Sciænoides biauritus*, et plus encore de *Corvina nigrita*, dont le même rayon (11^e) de la dorsale se montre hypertrophié sur plusieurs individus. La découverte de *Sciænoides perarmatus* prouve que ce phénomène est susceptible de devenir partie intégrante du métabolisme spécifique. On peut en conclure, en outre, que l'énorme développement de la deuxième épine de la nageoire

anale, caractère commun à nombre d'espèces de la même famille (*Corvina nigra* C. V., *nigrita* C. V., *Sciæna miles* Lac., *coitor* H. B., etc.), n'est peut-être qu'une hyperostose acromégalique devenue normale.

ZOOLOGIE. — *Sur la genèse du noyau secondaire des perles fines sauvages.* Note de M. **P. Portier**, présentée par M. L. Joubin.

Quand on examine la coupe d'une perle fine, on aperçoit ordinairement au centre une inclusion de taille et forme variable, mais le plus souvent de petite dimension. C'est l'amorce autour de laquelle se sont déposées les couches concentriques de matière perlière sécrétées par l'épithélium externe du manteau. Ce *noyau primaire* peut être formé par un grain de sable, un parasite, des débris organiques ou même par une vacuole.

Il est très exceptionnel que la couche de matière perlière qui s'étend de ce noyau à la surface externe de la perle soit formée de matière homogène. Elle présente souvent des zones de teinte et de consistance variable. Elle peut offrir des accidents locaux (inclusions, soufflures, dépôts de pigment, etc.).

Une disposition fréquente est celle d'une zone plus ou moins large s'étendant autour du noyau primaire, et présentant une teinte plus ou moins foncée : jaune, brune, quelquefois noire. Il semble y avoir en somme, incluse dans la perle totale, une seconde perle d'un diamètre inférieur au sien et de qualité inférieure. On lui a donné le nom de *noyau secondaire*.

Les zoologistes qui ont étudié le mécanisme d'édification biologique de la perle ont été frappés par la présence de ce noyau secondaire, mais ils ne s'expliquent pas clairement sur sa genèse.

Ils semblent admettre que cette formation comme les zones concentriques extérieures pigmentées qui peuvent exister avec elle ou sans elles résultent de ce fait que la partie de l'épithélium palléal du mollusque qui sécrète la perle (sac perlier) peut, sous certaines influences (état physiologique de la Méléagrine, action du milieu extérieur) sécréter une matière perlière dépréciée par la présence de pigments.

Un examen attentif d'un grand nombre de perles sauvages sectionnées m'amène à concevoir une interprétation différente du mécanisme de formation du noyau secondaire.

Premier fait : le noyau secondaire est, dans la grande majorité des cas,

proportionné à la grosseur de la perle; petit dans les perles de petite taille, gros dans les perles de gros diamètre.

Loin d'avoir une taille déterminée une fois pour toutes, le noyau secondaire semble bien grossir en même temps que la perle.

Deuxième fait : le noyau secondaire est non seulement pigmenté d'une manière plus ou moins intense, mais sa structure elle-même peut être modifiée.

Cette structure est en effet parfois rayonnée ou à la fois, concentrique et rayonnée, alors que la matière perlière périphérique est toujours formée uniquement de couches concentriques, conséquence de sa genèse.

Ainsi, tout se passe comme si le noyau secondaire d'abord formé de matière perlière subissait un remaniement partant du centre pour progresser vers la périphérie.

D'ailleurs, M. Boutan a montré qu'un remaniement se produisait normalement dans la coquille où la couche primitive lamelleuse de nacre se transformait pour donner la couche des prismes.

Il y aurait donc dans beaucoup de perles fines une sorte de dégénérescence centrifuge, et il ne me semble pas impossible que le processus se poursuivant et s'accentuant sous certaines influences mal connues pourrait aboutir à une sorte de liquéfaction de la perle bien observée par Diguet ([1]), mais faussement interprétée par ce naturaliste, vue aussi par Petit ([2]) sur les Méléagrines de Madagascar, et par R. Dubois sur les Moules de Billiers.

Cette même résorption a d'ailleurs été observée sur l'os sécrété par un lambeau de périoste greffé loin de sa situation normale.

On peut même se demander si ce processus de dégénérescence s'arrête complètement dans la perle fine séparée de son hôte.

En dehors des actions nocives qui s'exercent sur la surfaee de la perle et qui sont incontestables, certaines perles ne porteraient-elles pas en elles-mêmes un germe de mort à évolution lente ?

Ajoutons que jamais les perles fines cultivées à noyau de nacre ne nous ont montré de noyau secondaire. La couche de matière perlière qui entoure le noyau est remarquablement homogène.

([1]) *La Nature*, 48, juillet 1920, p. 21.

([2]) *Bull. d'inform. Agence Madagascar*, juin 1922, p. 52.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action de l'argent métallique sur le sperme et les larves d'Oursin.* Note (¹) de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons déjà à maintes reprises cherché à mettre en évidence l'importance des actions de masse et de surface dans la résistance que les êtres opposent à leur milieu. Au cours d'expériences dans cette voie, nous avons été amenés à constater l'effet curieux des parois d'argent métallique sur le sperme et les larves d'Oursin, *Strongylocentrotus lividus*.

Nous nous sommes proposé de préciser dans quelle mesure la nature du vase où se fait l'expérience influe sur les résultats de celle-ci. Nous opérions avec une série de petits godets, de mêmes formes et dimensions, mais respectivement en verre, en silice, en argent (allié ou vierge), en nickel, en étain. Nous essayions comparativement l'effet de ces divers vases sur le sperme d'Oursin, en rapport avec la concentration de celui-ci. A partir du sperme dilué au 100e, nous faisions des dilutions au 1000e, au 2000e, au 5000e, au 10000e, et nous les répartissions dans les divers godets par 2^{cm^3}. Quand le sperme est dilué au 10000e, il perd toujours assez rapidement son pouvoir fécondant, mais, dans un vase d'argent, c'est presque instantané : au bout de 2 minutes, la perte est totale. Avec du sperme au 5000e, le pouvoir fécondant disparaît presque entièrement après 5 minutes. Un sperme plus concentré, au 1000e, perd son pouvoir fécondant, dans un vase d'argent, au bout de 20 minutes (ou moins, suivant les individus), alors que le sperme témoin, dans les autres vases, donne de belles cultures. Avec du sperme au 100e, il faut prolonger davantage la durée d'action (plus d'une heure).

D'une façon générale, il apparaît donc que le séjour dans un vase d'argent a un effet néfaste sur le sperme d'Oursin, et à brève échéance.

Ce n'est pas la première fois, loin de là, qu'on signale l'action nocive des vases d'argent. Déjà dans la thèse de Raulin, il est question d'*Aspergillus* qui se développe mal dans les vases d'argent. Les résultats ne paraissent d'ailleurs pas constants : dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 74, 1913, on peut lire les Notes de Codur (p. 487), de Clément (p. 749), de

(¹) Séance du 21 juin 1926.

Sauton (p. 1268) qui avec l'*Aspergillus* et les vases ou la grenaille d'argent obtiennent de bonnes cultures ou de mauvaises; les conditions d'expérience interviennent certainement. Les bactériologistes en particulier ont beaucoup étudié l'*action oligodynamique* bactéricide de l'argent. Cependant, aussi bien dans les expériences avec *Aspergillus* que dans celles avec les bactéries, pathogènes ou non, il s'agit d'actions relativement lentes, 12 heures à plusieurs jours. On a vu plus haut combien l'action de l'argent sur le sperme d'Oursin est rapide.

Mais il y a un autre point, plus intéressant sans doute que le *temps d'action*, à considérer : c'est celui du mécanisme. L'action de l'argent métallique est-elle physique ou chimique? Les bactériologistes ont beaucoup discuté à ce sujet. Pour Saxl par exemple (*Wiener klin. Wochenschr.*, 1917, p. 714), il s'agit d'une action de surface; d'autres ont invoqué des énergies rayonnantes, connues ou inconnues (énergie de l'argent). A l'heure actuelle on admet généralement une action chimique [1] : l'effet du vase d'argent serait dû aux sels ou composés d'argent qui passent dans l'eau; l'argument essentiel est que l'eau laissée longuement au contact de l'argent devient stérilisante pour les cultures de bactéries.

Nos expériences avec les *larves* d'Oursin sont plutôt en faveur d'une action électrique, ou du moins action de surface. En effet, quand on place dans une coupelle ou une cuillère en argent de beaux *pluteus* nageants, ceux-ci sont paralysés au bout de 5 à 10 minutes, et ne tardent pas à se cytolyser, même si on les transporte aussitôt dans de l'eau de mer normale : l'action est donc très rapide et irréversible. Or, avec de l'eau ayant séjourné plus ou moins longtemps dans les mêmes vases d'argent, nous n'avons obtenu aucun effet. Quelle que soit l'interprétation que l'on puisse donner de ces résultats, les larves d'Oursin nous paraissent être un matériel favorable pour reprendre l'étude du problème.

Nous avons recherché aussi sur divers autres organismes l'action de l'argent métallique. Beaucoup se sont montrés réfractaires, du moins pour une action ne dépassant pas 24 heures. Chez certains Infusoires d'eau douce (*Stylonychia*) l'effet nuisible de l'argent s'observe au bout de 2 heures; avec de l'épithélium vibratile des branchies de la Moule il faut attendre jusqu'à 6 heures.

---

(1) R. Doerr, *Zur Oligodynamie des Silbers* (*Biochem. Zeitschr.*, **106**, 1920, p. 110; **107**, 1920, p. 207; **113**, 1921, p. 58; **131**, 1922, p. 351).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches biométriques et expérimentales sur l'hibernation, la maturation et la surmaturation de la Grenouille rousse* ♀ (Rana fusca). Note de M. H. **Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

De fin octobre à mars, la Grenouille rousse émigre dans les mares où elle hiberne sans nourriture. Au retour des beaux jours elle se reproduit, puis revient à l'existence terrestre et s'alimente. Les travaux de R. Dubois ont montré que pendant l'hibernation la Marmotte consomme une grande partie de ses réserves et perd $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{4}$ de son poids. Il paraissait intéressant de rechercher si pendant cette période les Pœcilothermes subissent des modifications pondérales de même sens.

Protocole expérimental. — Durant l'hiver, des Grenouilles rousses non alimentées, soumises à différentes températures de -10° à $+25^\circ$ dans l'eau ou dans la terre, à la lumière ou à l'obscurité, sont pesées fréquemment.

Résultats expérimentaux. — L'hibernation caractérisée par la vie léthargique et le ralentissement des phénomènes vitaux de la Grenouille ne peut se faire qu'à basse température. Au-dessous de 0° la mort survient assez rapidement; au delà de $+8^\circ$, $+10^\circ$, l'animal reprend son activité, se comporte comme un Pœcilotherme à l'inanition, consomme abondamment ses réserves, baisse considérablement de poids (20 pour 100 en deux mois et demi à $+16^\circ$, $+17^\circ$ dans l'eau et à la lumière), et de plus ne fait pas sa maturation sexuelle.

Au contraire, dans l'eau à basse température, la Grenouille varie peu et arrive à maturité sexuelle. A $+2^\circ$ ou $+3^\circ$ il se produit en 110 jours une augmentation de poids de 2 pour 100; par contre à $+6^\circ$ ou 7° on constate une baisse de 2,8 pour 100 pour plus de quatre mois d'expérience.

La lumière augmentant indirectement le métabolisme des animaux à l'inanition a beaucoup moins d'influence aux basses températures.

Si l'hibernation se fait à l'humidité, ou à sec, ou dans la terre, les variations pondérales sont les suivantes : vers $+1^\circ$ ou $+2^\circ$ en atmosphère très humide, on constate en 50 jours une augmentation de poids de 0,5 pour 100; pour 36 jours une diminution de 6 pour 100 dans l'air sec à la même température, et, pour 84 jours, de $+4^\circ$ à $+6^\circ$ dans la terre très légèrement humide, la baisse est de 6,46 pour 100.

Dans la nature, au réveil printanier, comme dans l'eau à basse tempéra-

ture au moment de la maturité sexuelle, apparaît une brusque augmentation de poids de 2,5 pour 100 en quatre jours, même à + 15°, + 16°. A cette époque les Grenouilles ayant hiberné dans la terre et reportées dans l'eau, accusent une hausse de poids plus considérable encore.

Les ♀ utérines maintenues désaccouplées dans l'eau à la glacière (+ 2° ou + 3°) perdent sans cesse du poids, jusqu'à 9,34 pour 100 en 20 jours. Elles surmaturent sans pondre.

Conclusions. — 1° L'hibernation prenant fin à l'époque de la reproduction ne peut se faire qu'à une température inférieure à + 8° ou + 10°, condition d'ailleurs réalisée dans la nature. Au delà de + 10° la maturation n'a pas lieu, la Grenouille s'inanitie, et subit des pertes de poids considérables.

2° Malgré les faibles variations pondérales des Grenouilles immergées dans l'eau à basse température durant l'hiver, ce serait préjuger d'opposer leur cas à celui des Marmottes. Comme pour la Marmotte, l'hibernation des Batraciens en l'absence d'eau provoquant une baisse de poids assez considérable permet de faire rentrer l'engourdissement hibernal des Homéothermes et des Pœcilothermes dans le même cadre général. L'apport de l'eau extérieure masquant le métabolisme apparaît ici très nettement. L'étude en cours, de la teneur en eau des organismes pendant le cycle annuel vient corroborer cette observation. Ce rôle du milieu ambiant s'accentue encore à l'époque de la reproduction. Malgré une vie plus active et les remaniements internes de la déhiscence, la Grenouille vivant nécessairement pendant cette période dans un milieu aqueux subit une brusque augmentation de poids.

3° La surmaturation, même dans l'eau et à basse température, se caractérise par une baisse de poids continue. Sans préjuger du métabolisme, elle n'est qu'un cas particulier de l'inanition d'un animal dans un état sexuel défini et soumis à des facteurs externes variés.

4° L'étude de la maturation et de la surmaturation indiquent qu'une basse température est nécessaire mais pas suffisante pour déterminer l'hibernation qu'on ne peut prolonger à volonté. L'état physiologique spécial de la Grenouille gorgée de réserves au début de l'hiver paraît indispensable pour permettre la vie léthargique prenant fin à la maturité sexuelle.

BIOLOGIE. — *Les rapports de la Reproduction sexuée et de la Parthénogenèse chez l'Isopode terrestre :* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza.* Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai établi, dans une Note précédente (1), l'existence de la parthénogenèse chez l'Isopode terrestre, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza. Je soutenais, en même temps, que la reproduction parthénogénétique n'existait que dans les formes de l'est et du nord de la France, mais qu'elle faisait défaut dans les colonies toulousaines. Cette dernière assertion est inexacte. J'ai refait, depuis trois ans, des élevages en grand qui m'ont montré que les deux modes de reproduction, sexué et parthénogénétique, se rencontrent également à Toulouse. La coexistence des deux modes de reproduction dans la même région m'a permis d'établir, de façon précise, quels sont leurs rapports.

J'ai constaté que les deux modes de reproduction ne se rencontrent jamais chez le même individu : certaines femelles se multiplient exclusivement par parthénogenèse, d'autres par voie sexuée. Les colonies toulousaines sont donc constituées par deux races distinctes : 1° une race sexuée, composée d'individus des deux sexes; les mâles sont moins nombreux que les femelles (35 à 40 mâles sur 100 individus), comme c'est la règle générale, ainsi que je l'ai montré ailleurs (2), chez les Isopodes terrestres. Les femelles de cette race donnent des œufs qui doivent être fécondés pour se développer et qui engendrent les deux sexes; 2° une race parthénogénétique, identique à celle qui peuple le nord de la France, et constituée exclusivement par des femelles. Les œufs se développent sans fécondation, et donnent exclusivement des femelles. J'ai élevé cette race pendant quatre générations successives sans observer de changements.

Les deux races sont, en général, parfaitement mélangées dans les environs de Toulouse; leur proportion est variable suivant les localités. Je connais, cependant, des stations où la race sexuée existe seule, mais je n'ai jamais trouvé, à Toulouse, de colonie parthénogénétique pure, comme il en existe dans le nord de la France. C'est la disparition de la race sexuée, et non pas seulement des mâles, qui constitue le phénomène que j'ai désigné sous le nom de *spanandrie géographique*.

---

(1) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 793-795.

(2) *Bull. Biol. France et Belgique*, **59**, 1925, p. 357.

Les femelles des deux races ne se distinguent par aucun caractère anatomique ou physiologique. De plus, les mâles s'accouplent avec les femelles parthénogénétiques, ce qui prouve que ces dernières appartiennent bien à la même espèce que la race sexuée. Mais les œufs obligatoirement parthénogénétiques de ces femelles ne sont jamais fécondés ([1]).

L'étude cytologique des femelles parthénogénétiques permet seule d'en comprendre l'origine et la signification.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 10 mai 1926.)

Note de M. *Mirimanoff*, Le jeu de pile ou face et les formules de Laplace :

Page 1120, formule (5), *au lieu de* $|f+\varphi| < 0{,}56\, e^{\frac{t^2}{2}}$, *lire* $|f+\varphi| < 0{,}36\, e^{\frac{t^2}{2}}$.

Page 1121, formule (8), *au lieu de* $\lambda < 0{,}75$, *lire* $|\lambda| < 0{,}75$.

Note de M. *Félix Ehrenhaft*, Sur l'observation et la mesure des plus petits aimants isolés :

Page 1140, ligne 13, *au lieu de* $V = B\Sigma P$, *lire* $v = B\Sigma P$; formule (4), *au lieu de* $B = \frac{1}{\sigma\pi\eta^a}$, *lire* $B = \frac{1}{6\pi\eta a}$.

Page 1141, ligne 6, *au lieu de* $\frac{\partial H}{\partial z}$, *lire* $\frac{\partial H}{\partial x}$.

([1]) Comme chez les Rotifères, d'après Maupas, Tannreuther, etc.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DEUXIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1926.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 182.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K.

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
79034-26 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.